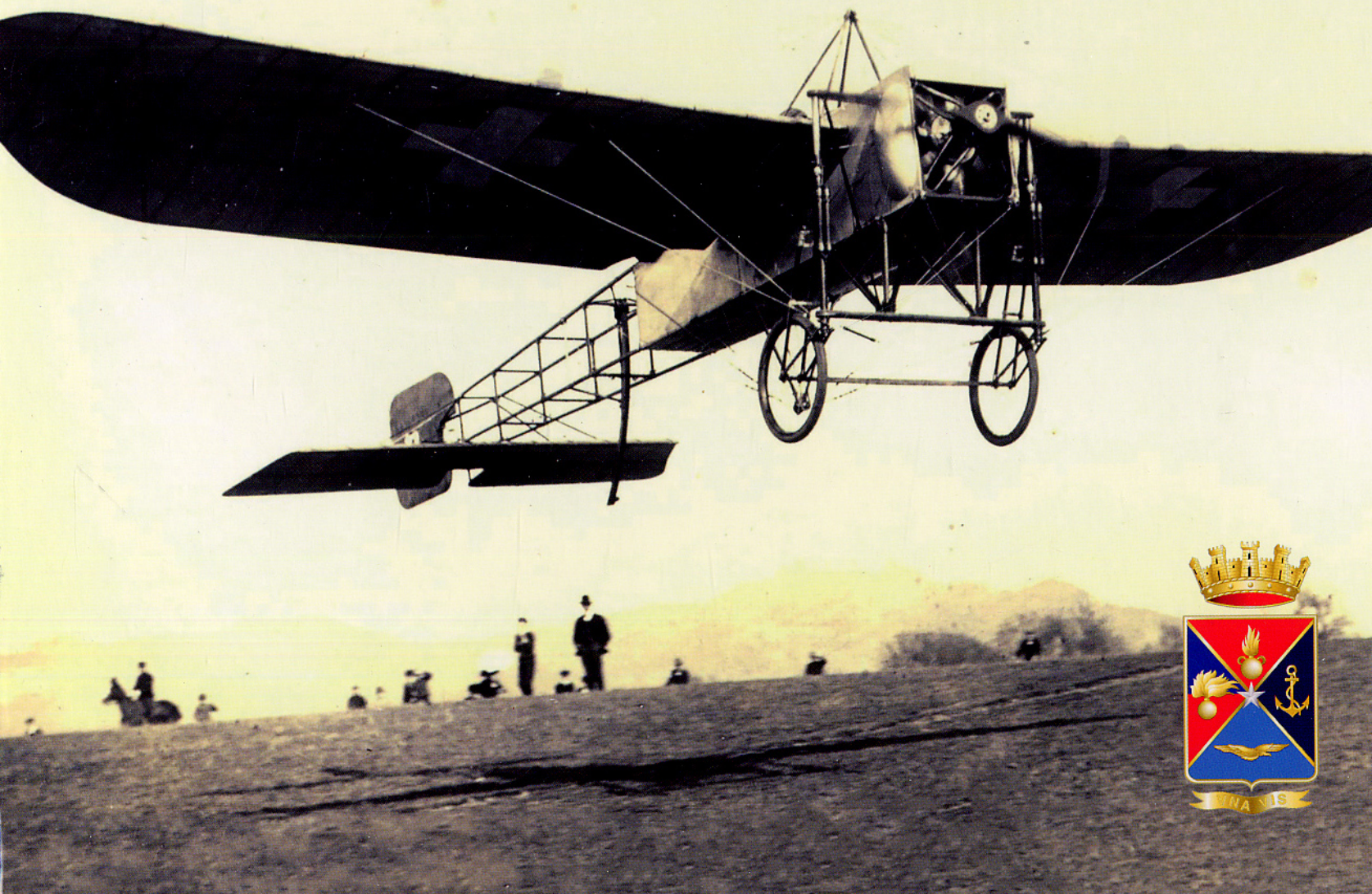


Flavio Russo

# IL SOGNO DEL VOLO

DALLA TERRA ALLA LUNA  
DA ICARO ALL'APOLLO 11









FLAVIO RUSSO

# IL SOGNO DEL VOLO

DALLA TERRA ALLA LUNA,  
DA ICARO ALL'APOLLO 11

STATO MAGGIORE DELLA DIFESA



*a Riccardo*

PROPRIETÀ LETTERARIA

*Tutti i diritti riservati.*

*Vietata anche la riproduzione parziale senza autorizzazione.*

© 2018 • Ministero della Difesa

Ufficio Storico del V Reparto dello SMD

Salita S. Nicola da Tolentino, 1/B - Roma

quinto.segrstorico@smd.difesa.it

ISBN 978-88-99742-35-5

*Copia esclusa dalla vendita*

*Editing:* Paola Ducci

*Grafica ed impaginazione:* Ferruccio Russo



# PRESENTAZIONE

È con sincera soddisfazione che presentiamo questo volume, con cui si completa una trilogia di opere di particolare taglio scientifico - divulgativo. Questa serie, iniziata con "Fiori della pietraia" sulle svariate innovazioni tecnologiche legate alla prima guerra mondiale e proseguita con "20.000 anni sotto i mari", rivolto alla storia della conquista delle profondità marine, affronta ora alcune delle principali tappe che segnano lo sforzo dell'uomo per dominare anche lo spazio sopra di sé e realizzare un sogno già vivo nell'antichità.

Più che di un sogno, tuttavia, si trattò di una sfida tra l'uomo e la natura, un duello costellato di molti eroi e innumerevoli vittime, una competizione protrattasi per diversi millenni prima di essere vinta.

L'aria che avvolge l'intero pianeta stimolò, infatti, sin dalla più remota preistoria, il desiderio di volare come gli uccelli, non diversamente da quanto accaduto nel mare col nuotare imitando i pesci. E se l'ambiente marino si era mostrato come via tutto sommato più comoda, priva di interruzioni e pendenze, lungo la quale trasportare agevolmente qualsiasi carico avvalendosi della spinta del vento, tutto induceva a credere che, una volta sollevati sulla terra, nessun ostacolo avrebbe frustrato gli spostamenti favoriti ancora dal vento. Ma al di là di modesti saltelli e rovine cadute, la conquista dell'aria si rivelò a lungo talmente ostica da far ritenere il cielo del tutto precluso all'uomo, regno inaccessibile e inviolabile degli dei. Celeste divenne perciò l'attributo precipuo della divinità, quale che ne fosse la religione sottesa, finendo per credere che proprio il cielo fosse la destinazione eterna per l'uomo dopo la sua parentesi terrena.

L'aquila, fiero animale che domina i cieli, come, implicitamente, le divinità che vi risiedevano, assurde dall'età

di Tolomeo I a emblema delle massime istituzioni statuali, così come lo fu per l'Esercito di Roma, per le unità napoleoniche ed altri ancora, fino agli Stati Uniti d'America. Al contempo, divenne un archetipo da imitare nel tentativo di concretizzare il sogno del volo.

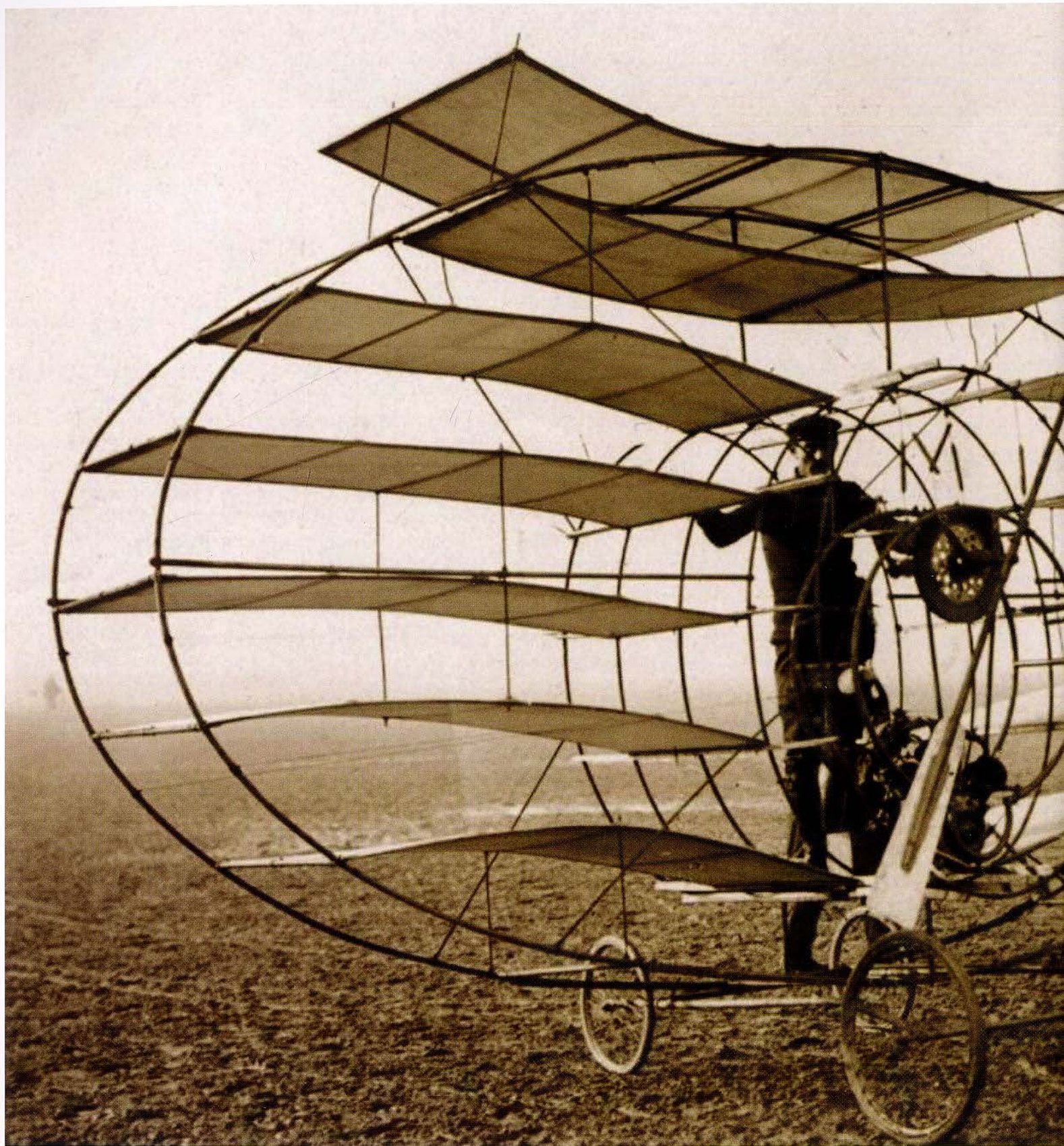
Le sue ampie ali dalle lunghe penne divennero perciò l'elemento caratterizzante delle riproduzioni posticce, da applicare sulle spalle dell'uomo fissandole alle braccia, con l'utopico traguardo di farlo staccare da terra. Ma nessuno, pur sbattendo con vigore quelle pennute protesi, si sollevò di un dito e quando le si provò gettandosi dall'alto, si finì con lo sfracellarsi al suolo.

Il mito di Dedalo e di Icaro testimonia, nella sua ingenuità, quella costante ambizione e col tragico epilogo, la vanità dei tentativi di imitare gli uccelli. La sequela di quei fallimenti, spesso tragici, finì per convincere che non con ali posticce, ma solo con supporti meccanici, equivalenti delle barche sul mare, si sarebbe potuto viaggiare nel cielo. Costatando poi che la navigazione avveniva grazie alla vela che catturava l'energia motrice del vento, si pensò che occorresse qualcosa di analogo anche per sollevarsi.

Del resto, le foglie secche sollevate dal vento erano un suggerimento che confortava l'idea della vela orizzontale: in pratica un leggero graticcio facente da antenna e pennone e un telo fissato alle loro estremità.

Dalle foglie agli aquiloni il passo fu breve, e ancora più breve costruirli sempre più grandi fino a consentirgli di ospitare un passeggero. Marco Polo rievoca quegli ardentissimi pionieri dell'aria che, spesso completamente ubriachi, furono fatti ascendere imbracati a quei giganteschi cervi volanti, riuscendo così per primi a contemplare la terra dall'alto e, sebbene non sempre, tornarvi incolumi per altre bevute.









Al volo librato degli aquiloni, più tardi, si affiancò il sollevamento consentito al più leggero dell'aria, suggerito dalle faville e dalle falde di cenere che, turbinando, si innalzavano sui falò. Nel cielo non diversamente che nel mare, infatti, ci si poteva muovere all'interno come con i sottomarini, o galleggiarvi sopra come le navi. Certamente, la seconda potenzialità si dimostrava la più facile da perseguire e con l'enorme mongolfiera riempita d'aria calda, presto sostituita dall'idrogeno, le ascensioni divennero sempre più ardimentose e significative, sebbene la vicenda delle macchine più leggere si concluse con il funesto rogo dell'enorme dirigibile Hindenburg.

Da decenni, però, macchine volanti più pesanti dell'aria grazie ai poderosi motori termici di cui erano dotate, costituivano ormai una realtà in rapidissima evoluzione, consentendo con i loro organi di guida una vera nautica aerea. In breve, daranno vita a quella che diverrà per antonomasia, l'Aeronautica!

Per concludere, voglio esprimere sentiti ringraziamenti all'autore, alla casa editrice e a tutti coloro che hanno collaborato a quest'opera ed a quelle che l'hanno preceduta, per il notevole lavoro portato a termine, che reputo meriti tutto il tempo e l'attenzione necessari al lettore per esaminarne gli interessanti contenuti e l'importante apparato iconografico.

Buona lettura!

*Dopo quattro anni intensi e pieni di soddisfazioni, colgo l'occasione, avviandosi a conclusione il mio mandato quale Capo Ufficio Storico dello SMD e Rappresentante della Difesa per la Storia Militare, per ringraziare tutti coloro con cui ho avuto l'onore di lavorare e collaborare. Formulo altresì al brillante collega e amico, C.V. Michele SPEZZANO, subentrante nell'incarico, i migliori auspici per ulteriori fortune e traguardi che, sono certo, saprà raggiungere, al "timone" di questo straordinario ed operoso Ufficio.*

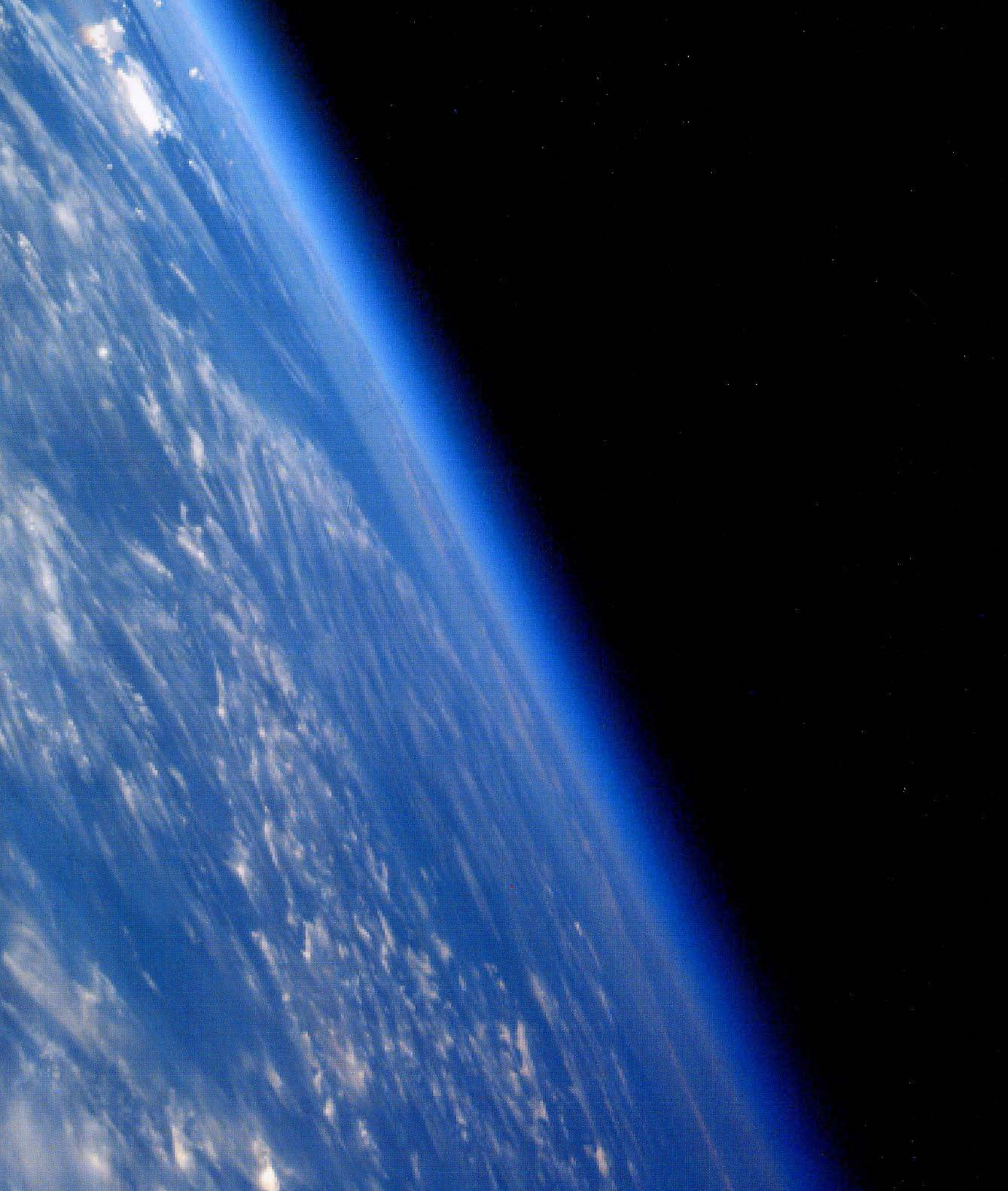
Col. Massimo BETTINI

*Capo Ufficio Storico  
dello Stato Maggiore Difesa\**

\* Già Presidente CISM, rappresentante della Difesa per la storia militare nei consessi nazionali e internazionali. In applicazione del D. L. n. 95 del 6 luglio 2012, convertito in legge dall'art. 1, comma 1, L. 7 agosto 2012, n.135 l'Ufficio Storico dello SMD sostituisce la CISM in tutte le sue funzioni e attribuzioni, senza soluzione di continuità, quale unica legale istituzionalità rappresentativa a livello nazionale ed internazionale.

A fianco:  
*Il multiplano Marquis, 1908.*







## PREMESSA

# TRACCE STORICHE

Mentre l'acqua ricopre i due terzi del pianeta l'aria lo circonda completamente e al pari delle profondità marine ospita innumerevoli specie di animali che si sono adattati al volo. Diversamente però dai pesci, che vivono ininterrottamente nel mare, gli uccelli solcano l'aria nei loro continui spostamenti per fare comunque sempre ritorno a terra, non essendo neppure per loro possibile restarvi a tempo indeterminato. Un tuffo o un salto dettero una brevissima sensazione di quella che sarebbe stata la sopravvivenza in quei due ambienti, ma l'esperienza risultò talmente effimera da non suggerire alcuna significativa intuizione se non delle pure visioni irreali ed utopiche. Gli uomini

che in qualche modo riuscivano, infatti, a restare immersi per lungo tempo o scendere nelle profondità marine furono da sempre descritti nelle cronache in maniera legendarie amplificandone le effettive potenzialità, peraltro nella realtà sempre inevitabilmente modeste. Similmente, un salto anche da discreta altezza o una planata appesi a un telo spiegato restò soltanto una fonte di fantasie, da Dedalo in poi, stimolando anche in questo caso mitiche e mirabolanti rievocazioni.

Nella pagina a fianco: *l'atmosfera della Terra vista dallo spazio.*  
Sotto: *un'aquila reale plana nell'intento di aggredire una preda.*





Tutte le cronache medievali non mancano di rievocare la fantastica discesa di Alessandro Magno negli abissi in una sorta di botte di cristallo: sfrondando il mito resta la campana progettata o suggerita da Aristotele, precettore di Alessandro<sup>1</sup>: una grande botte o per meglio dire di tinozza, non di vetro ma munita di oblò di vetro con la quale, se non assodato storicamente, fu almeno possibile tecnicamente scendere per alcune ore a una decina di metri di profondità, anticipando quelle che poi furono le innumerevoli campane da immersione, le più sofisticate delle quali ancora in uso.<sup>2</sup>

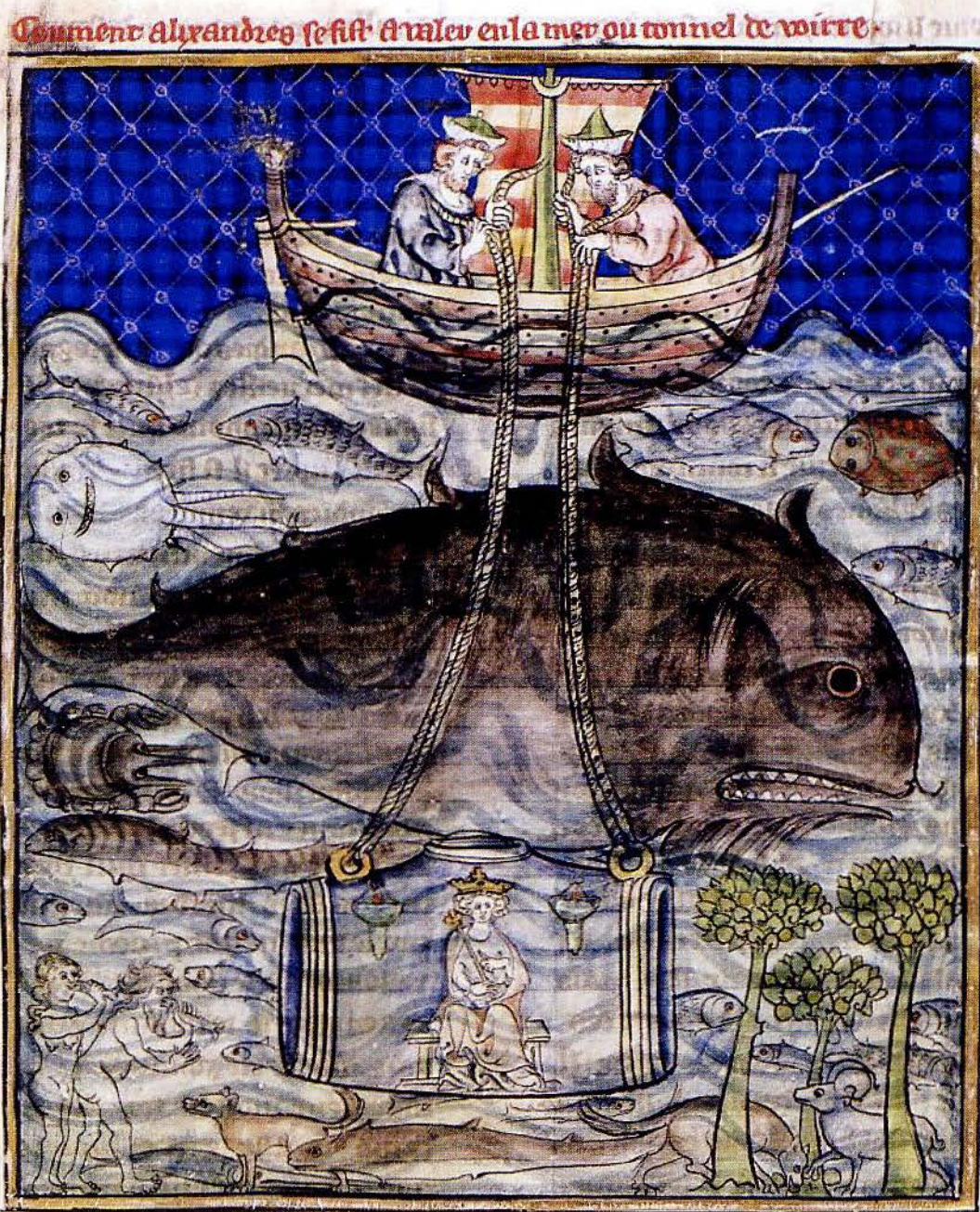
Ad Alessandro fonti letterarie posteriori attribuiscono pure una ascensione sostenuta dalle ali di vigorosi volatili, o di più robusti ippogrifi, mitiche varianti aeree dei focosi destrieri. Stando alla leggenda, dopo aver conquistato tutta la terra, Alessandro ormai è ai confini del mondo per tentare di trovare l'unico tesoro che gli manca: l'immortalità. E a tal fine compie la sua ascensione:

*"Continuavo a pensare tra me e me, se davvero era là il confine del mondo, dove il cielo appoggia sulla terra: decisi allora di indagare per sapere la verità. Ordinai che*

<sup>1</sup> Per approfondimenti cfr. ARISTOTELE, *Problemata*, XVI, 8 ed anche ERONE DI ALESSANDRIA, *Pneumatica*, nella traduzione dal greco di BENNET WOODCROFT, London 1851, premessa.

<sup>2</sup> Sull'argomento cfr. F. RUSSO, *20.000 anni sotto i mari*, Roma 2017, pp. 75-85.

Sopra e nella pagina a fianco: miniature medievali relative all'immersione ed al volo di Alessandro Magno.



*fossero catturati due degli uccelli che erano in quel luogo: erano enormi, bianchi, fortissimi e mansueti, tanto che stavano a guardarci senza scappare. Alcuni dei soldati li montavano, afferrandosi ai loro colli, e quelli volavano in alto, trasportandoli su: mangiano carogne di animali e proprio per questo motivo molti degli uccelli venivano da noi, per le carcasse dei nostri cavalli. Ne feci catturare una coppia e ordinai che non fosse dato loro cibo per due giorni: al terzo giorno diedi ordine di preparare un giogo di legno e di legarlo al collo di quegli uccelli; feci preparare quindi una sorta di grande canestro di pelle di bue*





e ci montai dentro, tenendo in mano una lancia, sulla cui punta avevi infilzato del fegato di cavallo. Gli uccelli subito si alzarono in volo, tesi per mangiare il fegato, e io andai su con loro, nell'aria, tanto in alto che mi sembrava di essere vicino al cielo: tremavo tutto perché l'aria si era fatta fredda per il moto delle ali degli uccelli. E allora mi si fa incontro un essere alato, antropomorfo, che mi dice: "O Alessandro, è forse perché non riesci a far conquiste sulla terra, che cerchi quelle del cielo? Torna giù in fretta se non vuoi diventare pasto di questi uccelli!" E ancora mi dice: "Sporgiti giù verso la terra, Alessandro!" Io mi sporgo, pieno di paura, e vedo un grande serpente arrotolato".<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Dal *Romanzo di Alessandro*, II, 41 Per approfondimenti cfr. *Il Romanzo di Alessandro*, a cura di R. STONEMAN e T. GARGIULO, Cles TN 2012, vol. II, pp. 444-47.







DÆDALVS ET ICARVS.





Ovviamente la narrazione è chiaramente frutto dell'immaginazione sebbene, al pari della campana subacquea, potrebbe se non celare del tutto forse anticipare qualche esperienza del genere, effettuata magari con ali posticce. Del resto le ali costruite da Dedalo, per quanto possiamo giudicare, somigliano molto a un moderno parapendio e, se saldamente applicate alle spalle, avrebbero consentito un volo librato e forse anche piccoli sollevamenti grazie alle correnti ascensionali termiche.

*Ma intanto Dedalo, insofferente d'essere confinato a Creta da troppo tempo e punto dalla nostalgia della terra natale, era bloccato dal mare. "Che Minosse mi sbarri terra ed acqua," rimuginò, "ma il cielo è pur sempre aperto: passeremo di lì. Sarò padrone di tutto, ma non dell'aria!". E subito dedica il suo ingegno a un campo ancora inesplorato, sovvertendo la natura. Dispone delle penne in fila, partendo dalle più piccole via via seguite dalle più grandi, in modo che sembrano sorte su un pendio: così per gradi si allarga una rustica zampogna fatta di canne diseguali. Poi al centro le fissa con fili di lino, alla base con cera, e dopo averle saldate insieme, le curva leggermente per imitare ali vere. Icaro, il suo figliolo, gli stava accanto e, non sapendo di scherzare col proprio destino, raggianti in volto, acchiappava le piume che un soffio di vento sollevava, o ammorbidiva col pollice la cera color dell'oro, e così trastullandosi disturbava il lavoro prodigioso del padre. Quando all'opera fu data l'ultima mano, l'artefice provò lui stesso a librarsi con due di queste ali e battendole rimase sospeso in aria. Le diede allora anche al figlio, dicendogli: "Vola a mezza altezza, mi raccomando, in modo che abbassandoti troppo l'umidità non appesantisca le penne o troppo in alto non le bruci il sole. Vola tra l'una e l'altro e, ti avverto, non distrarti a guardare Boòte o Èlice e neppure la spada sguainata di Orione: vienimi dietro, ti farò da guida". E mentre l'istruiva al volo, alle braccia gli applicava quelle ali mai viste. Ma tra lavoro e ammonimenti, al vecchio genitore si bagnarono le guance, tremarono le mani. Baciò il figlio (e furono gli ultimi baci), poi con un battito d'ali si levò in volo e, tremando per chi lo seguiva, come un uccello che per la prima volta porta in alto fuori del nido i suoi piccoli, l'esorta a imitarlo, l'addestra a quell'arte rischiosa, spiegando le sue ali e volgendosi a guardare quelle del figlio. E*

A fianco:

Hans Bol, *Il volo di Icaro*, XVI sec., Rijksmuseum, Amsterdam.





*chi li scorge, un pescatore che dondola la sua canna, un pastore o un contadino, appoggiato l'uno al suo bastone e l'altro all'aratro, resta sbalordito ritenendoli dèi in grado di solcare il cielo. E già s'erano lasciati a sinistra le isole di Samo, sacra a Giunone, Delo e Paro, e a destra avevano Lebinto e Calimne, ricca di miele, quando il ragazzo cominciò a gustare l'azzardo del volo, si staccò dalla sua guida e, affascinato dal cielo, si diresse verso l'alto. La vicinanza cocente del sole ammorbidì la cera odorosa, che saldava le penne, e infine la sciolse: lui agitò le braccia spoglie, ma privo d'ali com'era, non fece più presa sull'aria e, mentre a gran voce invocava il padre, la sua bocca*

*fu inghiottita dalle acque azzurre, che da lui presero il nome. Ormai non più tale, il padre sconvolto: "Icaro!" gridava, "Icaro, dove sei?" gridava, "dove sei finito? Icaro, Icaro!" gridava, quando scorse le penne sui flutti, e allora maledisse l'arte sua; poi ricompose il corpo in un sepolcro e quella terra prese il nome dal sepolto.<sup>4</sup>*

Si trattò esclusivamente di fantasia, di sogni mitici o in quelle pur esagerate descrizioni si cela un fondo, un nucleo di verità? Che siano stati tutti i casi ricordati dalle cronache storiche sempre mere illusione appare statisticamente improbabile, rientrando anche queste rievocazioni nell'ambito delle esagerazioni ma non certo dell'assoluta falsità. In tal caso, tuttavia, quali testimonianze possono addursi, se non proprio a conferma, almeno a supporto di quelle tanto enigmatiche manifestazioni? Rispondere è semplice proprio per la miriade di tracce materiali arrivate sino a noi e che sarebbero del tutto inspiegabili se non prendessimo in considerazione che l'esperienza del volo, seppure effimera e limitata, sia stata vera!

Dei tre ambienti terrestri quindi, due, -quelli dell'acqua e dell'aria, attraverso una facile esperienza- non permettono il sostentamento passivo, a meno di non risultare più leggeri delle rispettive densità. Condizione, questa, definita galleggiamento e di gran lunga più nota per l'acqua che per l'aria. Eppure una mongolfiera ad aria calda o un pallone pieno

<sup>4</sup> Da OVIDIO, *Metamorfosi*, Libro Ottavo, (Mito di Dedalo e Icaro), Commento.

In alto: *Agia Galini, Creta: statue dedicate al mito di Icaro e Dedalo.*  
Nella pagina a fianco: *una mongolfiera.*







d'idrogeno o un dirigibile ripieno d'elio, sotto quest'aspetto, sono l'esatto equivalente aereo della barca o della nave. O, a voler essere ancora più precisi, del sommergibile, col quale condividono il trovarsi all'interno di un fluido piuttosto che alla sua superficie e l'essere trascinati come lui dalle correnti, in questo caso i venti. Ma galleggiare sull'acqua o sull'aria non significa navigarvi, cioè muoversi a discrezione in una direzione variandone la quota, essendo la stessa manifestazione del principio di Archimede: in entrambi i casi, infatti, tutti gli eventuali spostamenti sono causati esclusivamente da quelli delle masse circostanti.

Discorso ben diverso quando il sostentamento diventa dinamico, cioè scaturisce dal formarsi di una forza diretta verso l'alto, propriamente definita portanza, che consente a un mezzo più pesante del fluido che lo ospita di restare sulla sua superficie o, comunque, non alla sua base. Per le imbarcazioni è il caso degli aliscafi,<sup>5</sup> le cui tozze ali immerse, da una certa velocità in poi, forniscono un'adeguata portanza che, superato il peso dell'intera imbarcazione, le solleva sull'acqua. A questo punto termina il galleggiamento dello scafo e si avvia il volo, sia pure quasi radente la cima delle onde. Comportamento identico anche negli aerei le cui ali, da una certa velocità in poi, determinano una portanza che li solleva da terra facendoli volare. In entrambi i casi, la portanza deriva dalla maggiore pressione che si manifesta sulla faccia inferiore dell'ala rispetto alla superiore, determinando così la spinta verso l'alto che ne provoca l'innalzamento. E se le ali per l'acqua sono molto più corte di quelle per l'aria, la ragione va ricercata soltanto nelle due, altrettanto cospicue, differenze di densità.

Discorso sostanzialmente identico anche per gli elicotteri, le cui pale del rotore si comportano esattamente come altrettante ali, nelle quali però la velocità necessaria per attingere la portanza per sollevarsi da terra è data dalla loro rotazione. Alquanto diversa, invece, la portanza generata dalle ali battenti degli uccelli: queste con il loro vigoroso movimento comprimono l'aria sottostante rarefacendo quella sovrastante, ottenendo così un'analogia portanza. La ragione ultima va attribuita ai motori muscolari capaci di trazioni e contrazioni, ma non di rotazioni. Soluzione

<sup>5</sup> Per approfondimenti sull'argomento cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Techne, il ruolo trainante della cultura militare*, età contemporanea, tomo I, Napoli 2014 pp. 142-43 e, più in dettaglio: S. CALABRÒ, *La passione dell'invenzione. Enrico Forlanini, ingegnere e aeronauta*, Milano 2004.

A fianco: le prove del primo aliscafo della marina militare canadese, l'HMCS Bras d'Or, 1963.













adottata dalla natura in modo quasi esclusivo per gli uccelli, e solo marginalmente per alcuni pesci, ma troppo delicata e complicata per essere imitata dall'uomo, sebbene in grado di equiparare le più vantaggiose prestazioni dell'ala rotante, quali decollo o atterraggio da fermo o da un piccolo supporto.

Quale che sia il sistema di sostentamento impiegato, affinché possa manifestarsi è necessario far raggiungere al mezzo una discreta velocità che, venendo meno l'attrito terrestre, può ottenersi soltanto per reazione. Sotto questo profilo l'ala battente, l'elica e il razzo non si comportano allo stesso modo. Per cui è lecito concludere che il volo propriamente detto, di un uccello come di un aeromobile e non il loro galleggiamento o la librazione, dipende da un motore persino più della navigazione marittima in quanto, prima ancora di poter navigare nell'aria, è indispensabile poterci restare e, ad eccezione dei mezzi più leggeri tutti ben poco dirigibili, l'unico modo per farlo è sviluppare tramite la velocità un'adeguata portanza. Motore nel senso più ampio della parola e non necessariamente macchina rotante: del resto si chiama motore anche il razzo, che non gira affatto! Dunque motore e navigazione aerea, piuttosto

che mero volo, sono intimamente connessi e interdipendenti tuttavia non cronologicamente contemporanei, tant'è che il semplice sollevamento dalla superficie terrestre di un mezzo più pesante dell'aria, da attendibili riscontri, può farsi risalire al III secolo a.C. mentre per la navigazione aerea bisogna attendere gli inizi del secolo scorso. Il che ci consente di stabilire delle fasi fondamentali, una sorta di scaletta, non semplicemente cronologica, per i diversi tipi di velivoli, da quelli usati per il volo librato, in base alla tipologia dei motori adottati.

Nella pagina a fianco: *un moderno elicottero militare.*  
In basso: *un quadrimotore militare da trasporto.*



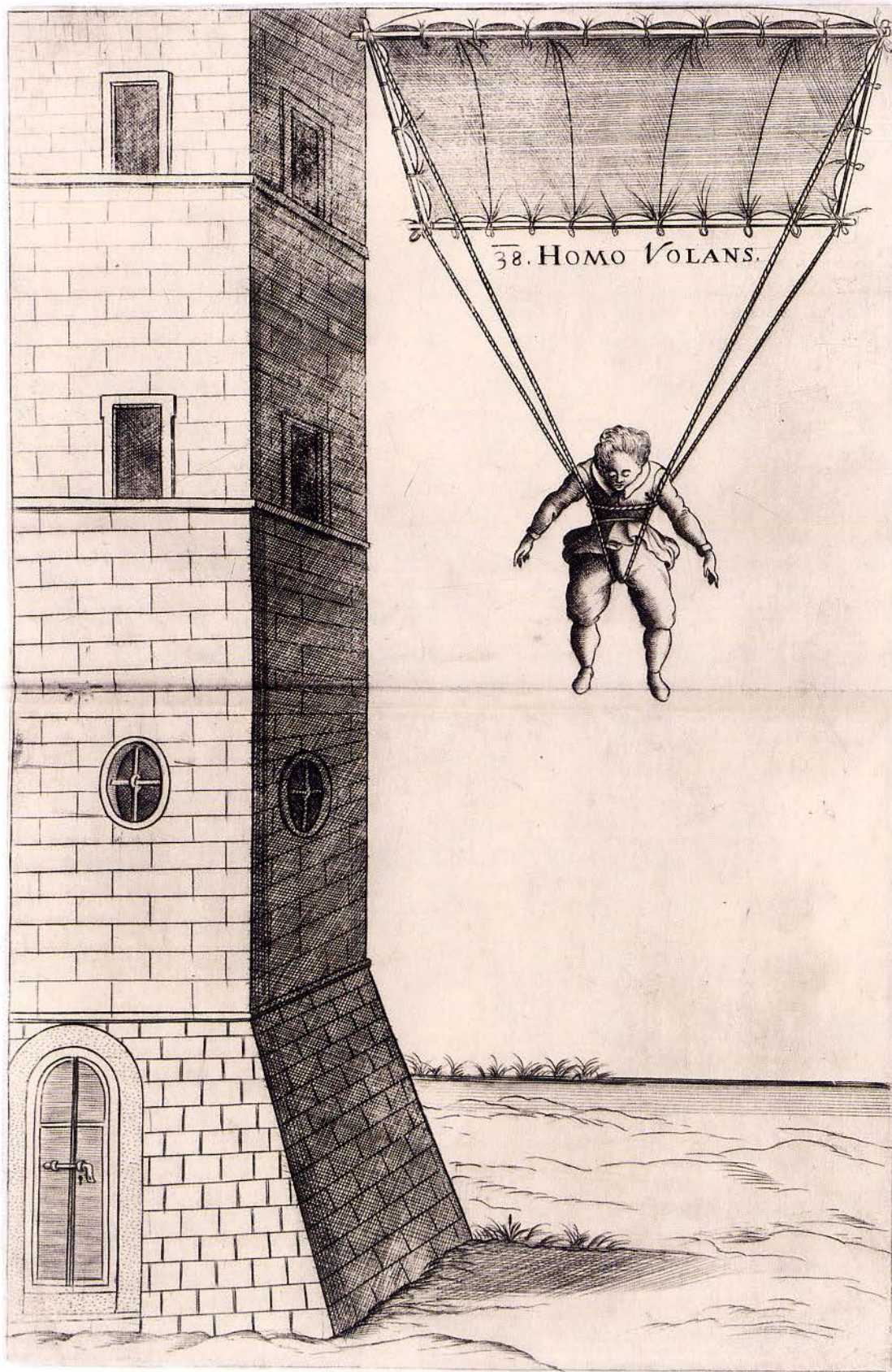






# VOLO LIBRATO







## CAPITOLO PRIMO

### *Vento e muscoli*

Se parlare di volo per l'Antichità e per il Medioevo è senza dubbio eccessivo, non vuol dire però negare ogni tentativo, più o meno riuscito, di sollevarsi o di librarsi nell'aria, tant'è che di episodi del genere se ne contano molteplici, anche restando ai soli di cui ci siano pervenute menzioni. Come accennato, queste si succedono, ambientate in varie parti del Pianeta a partire dall'età classica, sia nelle raffigurazioni che nelle cronache e nelle leggende in Oriente come in Occidente. Due i principi fisici alle loro spalle: sollevarsi con mezzi più leggeri dell'aria l'uno, librarsi con mezzi più pesanti l'altro. In altre parole galleggiarvi sopra passivamente o mantenersi sopra attivamente, differenza vigente fra una mongolfiera e un aeroplano, come pure tra una zattera ed un aliscafo.

Squisitamente a posteriori è la supposizione per la quale il distacco da terra con un mezzo più pesante, richiedendo una sorgente energetica abbastanza potente -un motore, fosse perciò la più recente. Certamente fu subito chiaro che gli uccelli assolvevano a tale stringente esigenza con i loro poderosi muscoli pettorali, ma con altrettanta evidenza le foglie che ne erano prive, e altrettanto più pesanti dell'aria, si sollevavano lo stesso ad ogni folata di vento. Persino più significativa la constatazione che lo stesso avveniva pure, e senza vento, con le faville e le falde di cenere su di un rogo. Ovvio la conclusione: un corpo più pesante si poteva sollevare da terra se vi fosse stata una forza ascensionale che lo avesse sospinto, vento o aria calda, come pure per un sasso l'impulso di una fionda: tutti sarebbero restati in aria però fintanto che quella spinta non si fosse esaurita. Innalzandosi le foglie e le faville più in alto e più a lungo del sasso, si tentò di imitarle.

In Cina furono presto recepite ambedue le estrinsecazioni sin dall'antichità, grazie alla disponibilità di ottima carta, che permise la realizzazione di ampie superfici alari (più note in seguito come aquiloni) sia d'involucro per aria calda.



Nella pagina a fianco: *l'Homo volans* di Fausto Veranzio, XVI sec.  
Sopra: *un lanterna volante cinese*.





### *Cervo volante*

Un generale che, pilotando personalmente un leggero velivolo, atterra dinanzi alle sue truppe nell'imminenza della battaglia, da tempo non costituisce più un evento sbalorditivo. Basterebbe al riguardo ricordare il mitico Rommel che scende dall'altrettanto celebre Fieseler Storch nella sabbia del deserto, per aprire una vasta serie di analogie. Di esse la più recente è senza dubbio quella fornita dallo stesso ex-presidente statunitense George Bush che, in veste di comandante in capo delle forze armate, il 1 maggio del 2003 appontò pilotando un S-3B Viking sulla portaerei Abraham Lincoln.

Un espediente della propaganda, una necessità tattica o un'esigenza strategica costituiscono alcune delle diverse motivazioni rintracciabili alle spalle di tale prassi, guardata ormai dai nostri occhi smaliziati con sufficienza. La notizia che persino uno dei tanti generali cinesi, un certo







Han-Xin, si sia così esibito dinanzi al suo esercito innesca, perciò, un sarcastico sorriso. L'atteggiamento si tramuta istantaneamente in allibita incredulità allorché apprendiamo la data dell'evento: 206 a.C. Senza dubbio i Cinesi ci hanno abituato ad innumerevoli primizie tecnologiche, dalla stampa alle banconote, dalla polvere da sparo alla bussola, dalla seta agli spaghetti ma che abbiano addirittura solcato le vie del cielo con un mezzo più pesante dell'aria, mentre Publio Cornelio Scipione scacciava i Cartaginesi dalla Spagna, ha tutta l'aria di una favola. Solo a prima vista, però: infatti indagini meno sommarie e meno convenzionali sembrano accreditare l'evento! Fatte le debite puntualizzazioni, la performance di Han-Xin non solo non va esclusa a priori e forse ritenuta probabile ma, soprattutto, si colloca a capofila di una serie di analoghe. Altre cronache più antiche, però, ridimensionano l'evento precisando che Han-Xin fece sorvolare ad un suo aquilone le mura di una città assediata per stabilire con precisione

la lunghezza che la galleria da mina avrebbe dovuto avere per provocarvi una breccia.

Sempre in forma nebulosa, oltretutto relative ad un periodo molto più remoto, le cronache tramandano di un certo Wang Hu il quale, in epoca Ming (XIV-XVII secolo a.C.), sorreggendo con le mani due aquiloni e sedendo su di una sorta di scanno sovrastante 47 razzi, immaginò che accendendoli in progressione avrebbe potuto sollevarsi in aria. Il tentativo fallì ma curiosamente fu ripreso come vedremo da un altro temerario a Costantinopoli, questa volta con felice esito.

Le tracce di quei remoti aquiloni, disperse nelle cronache degli ultimi ventidue secoli, appaiono per lo più coincidenti, primo presupposto dell'attendibilità: unico fattore comune l'impiego non di utopiche ali ma di un'ampia vela, simile a una gigantesca foglia, per sollevarsi spinta da un intenso vento. Un adeguato telaio, equivalente aereo dell'albero e del pennone navale, dava all'insieme il connotato di un grande aquilone, abbastanza ampio da poter innalzare e sorreggere un pilota tramite un'imbracatura.

Forse poteva anche essere questa, la macchina volante escogitata da Dedalo e tramandata da Sofocle, Euripide ed Aristofane. Nessuna difficoltà a ricavarne la giusta dimensione per renderla idonea a sollevare il peso umano e alla prima folata più intensa, i due grandi aquiloni si alzarono



Nella pagina a fianco: sopra, Erwin Rommel di fianco al Fieseler Storch che utilizzava per raggiungere le truppe; sotto, George Bush dopo l'atterraggio col S-3B Viking sulla portaerei Abraham Lincoln. In alto: antico disegno raffigurante il generale Han-Xin. Sopra: Wang Hu alle prese col suo "veicolo" volante.







su Creta tra il prudente compiacimento del padre, il temerario entusiasmo del figlio e l'allibito stupore dei presenti. Pochi istanti dopo, forse per una improvvisa caduta del vento, forse per un errore di assetto, nel raccapriccio del disgraziato genitore, Icaro piombò nel mare, senza più riaffiorare.

Una delle tante suggestive favole della mitologia greca, questa, priva di ogni concretezza: curiosamente, però, se ne incontra una molto simile anche in Giappone, sebbene di quasi 24 secoli posteriore. In breve, un nobile samurai, tal Minamoto Tametomo (1139-1170), fu condannato all'esilio sull'insospitale isola di Harchijo, a sud-est del Giappone. A rendere la pena ancor più intollerabile fu la presenza del giovane figlio. Il disgraziato genitore, certamente dotato di avanzate competenze culturali, volendo sottrarre l'innocente giovane a quell'ingiusto castigo, costruì un aquilone gigante che riuscì, in questo caso senza alcun incidente, a portarlo sulla terraferma.

Due leggende, anche se tanto divaricate nel tempo e nello spazio, non costituiscono certamente una prova, ma semplicemente una ricorrente diceria, un labile indizio nella migliore delle ipotesi. Di certo, però, in Cina e in Giappone gli aquiloni giganti, perfettamente in grado di sollevare uno o due uomini, vantavano già all'epoca di Tametomo una lunghissima e verificata tradizione. A partire dal IV-III sec. a.C. la questione, pertanto, non ruota più intorno all'esistenza di siffatti aquiloni capaci di sollevare uno o due quintali di carico utile, ma su quando quel carico si trasformò in un equipaggio!

I Cinesi, come accennato, dopo l'invenzione, o il perfezionamento degli aquiloni giganti, si erano subito interessati al loro sfruttamento militare. Ne avevano pertanto migliorato le potenzialità ed accresciute le capacità di sollevamento. In diverse circostanze vennero utilizzati come vettori per comunicazioni di vitale importanza tattica. Dalla dinastia Song (960-1279) si iniziarono a costruire anche aquiloni da bombardamento, facendogli trasportare cariche di polvere pirica. Li si armarono infatti abitualmente con involucri pieni di polvere pirica e quattro grandi petardi. Innalzati nell'aria si portavano fin sopra l'accampamento dei nemici del momento, mentre una sorta di miccia interna costituita da una serpentina d'incenso si avvicinava lentamente alle cariche. All'istante prestabilito, che coincideva col sorvolo a bassa quota del campo, l'esplosione avveniva in tutta la sua violenza e, poiché a quel tipo di aquilone veniva data la connotazione di un corvo, furono definiti 'Corvi del fuoco di Dio' capaci di trasportare fino a 500 g di polvere ad oltre 300 m di distanza: la precisione era scarsa ma l'effetto terrifico enorme! E ancora maggiore



quando a giungere dal cielo non erano rumorosi mortaretti ma agguerriti incursori. Stando ad alcune antiche fonti cinesi, la fortificazione di Coryo (718-1380) in Corea fu espugnata impiegando per la prima volta assaltatori volanti, ciascuno dei quali condotto sull'obiettivo da un aquilone. Dando per buona la notizia, sarebbe quello il debutto nella storia delle unità aviotrasportate.

Per rintracciare, però, dei riferimenti attendibili e cronologicamente circostanziati in merito agli aquiloni giganti con equipaggio a bordo, bisogna attendere il 1285 ed il Milione di Marco Polo: circa quest'ultimo va precisato che

Nella pagina a fianco: *miniatura ritraente Wang Hu sul suo trono volante.*

Sopra: *illustrazione del XVII sec. raffigurante Minamoto Tametomo, durante la permanenza sull'isola di Harchijo*





Sopra: raffigurazione di un "Corvo di Dio", da Huolongjing, metà del XIV sec., di Liu Ji e Jiao Yu.

In basso e nella pagina a fianco in alto: raffigurazioni medievali dell'aquilone descritta da Marco Polo.

Nella pagina a fianco, in basso: rarissima foto del 1914 che mostra alcuni abitanti di un misero villaggio costiero del mare interno del Giappone, intento alla costruzione di un aquilone gigante.

il brano che andremo a citare: "non si trova normalmente inserito nelle versioni in commercio de Il Milione. La versione più completa si trova in un manoscritto rinvenuto da Sir Percival David (1892-1964) nell'archivio della cattedrale di Toledo in Spagna. Un manoscritto latino trascritto nel 1795 e a sua volta basato su un manoscritto del 1400. Il testo in latino fu pubblicato nel 1935 per la prima volta". Così Marco Polo:

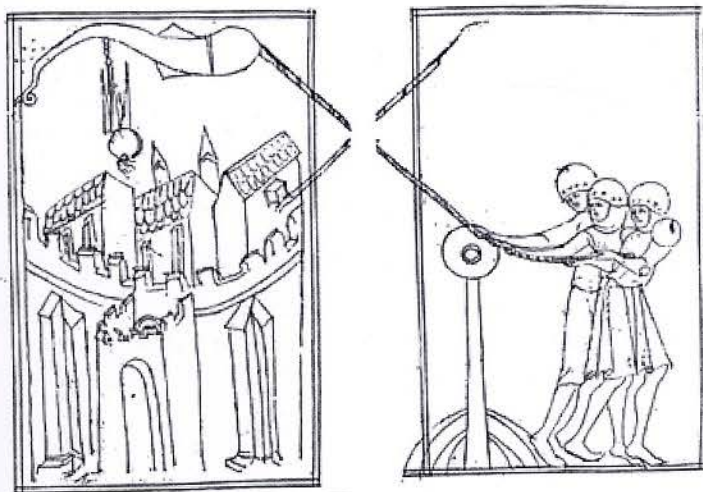
*E così vi racconterò di quando una nave deve navigare, per mostrare se gli affari andranno bene o male, gli uomini della nave costruiranno una grata, la quale è un intreccio e ad ogni angolo dell'intelaiatura sarà legata una corda. In tal modo ci sono otto corde, e tutte saranno legate all'altra estremità da una lunga corda. Dopodiché*

*troveranno un pazzo o un ubriacone e lo legheranno a quella intelaiatura, poiché nessuno sano di mente o di buon senso s'offrirebbe per affrontare un tale rischio. E questo è fatto quando un forte vento prevale, dopodiché quella intelaiatura essendo montata controvento, si solleverà mentre gli uomini la tengono per la corda. E mentre sta sospesa in aria, la piattaforma si inclina verso la direzione del vento, tireranno la corda verso di loro così che resterà tesa, dopodiché, allentano un po' la corda e la faranno risalire in alto, se di nuovo s'inclina, tireranno daccapo finché l'intelaiatura resterà dritta, e poi cedono corda nuovamente, ascenderà talmente in alto da non poter essere vista finquando la corda non sarà tutta srotolata. Codesto presagio va interpretato in tal modo: se la piattaforma vola dritta verso il cielo, dicono che la nave su cui la prova è stata fatta avrà un viaggio veloce e prospero, al che tutti i mercantili navigando insieme per il bene della navigazione, stando prossimi a quella. Però se la piattaforma non ascende, nessun mercante sarà disposto ad entrare sulla nave su cui la prova è stata fatta, perché dicono che non riuscirà a finire il viaggio e sarà colpita da tante sventure. E dunque quella nave resterà nel suo porto per tutto l'anno.*

Stando alla narrazione di Marco Polo, per prevedere se il vento avrebbe o meno favorito la navigazione facevano ascendere con un aquilone gigante un folle o un ubriaco. Un decollo regolare e un volo rapido costituiva un auspicio ottimo, pessimo il contrario, ragione valida per procrastinare il viaggio. Non vi è alcuna ulteriore notizia sulla sorte dell'involontario aeronauta ma è probabile





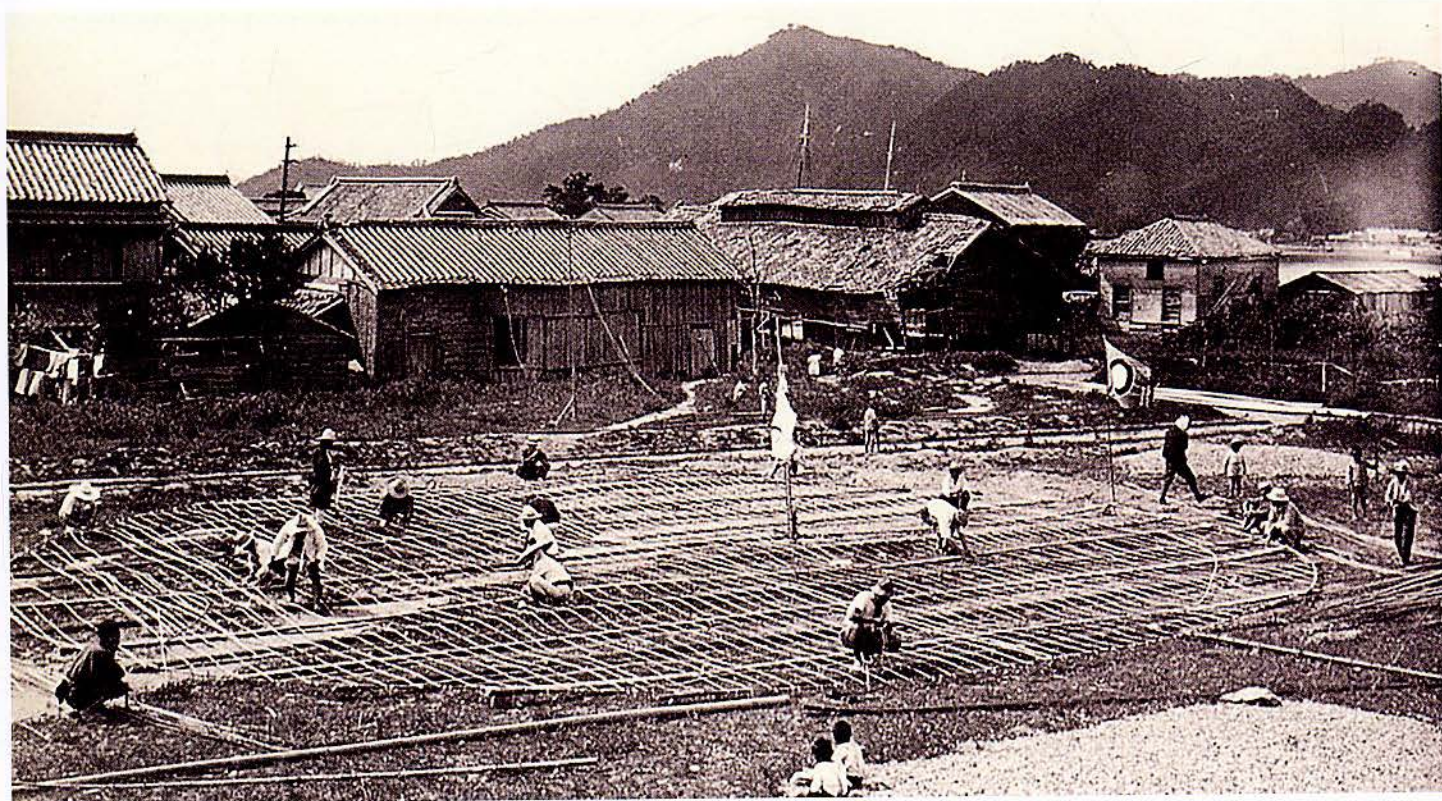


che, il più delle volte, tornasse incolume a terra guadagnandosi per quell'impresa ammirazione e nuove bevute.

Come fossero quei giganti dell'aria lo possiamo desumere dai consimili costruiti con bambù e carta da umili pescatori giapponesi, in ossequio alla millenaria tradizione, fino al 1914, lasciandocene un'esplicita memoria fotografica. Di circa 300 mq e pesanti varie tonnellate, richiedevano il lavoro di gran parte degli abitanti, gli stessi che, terminato l'assemblaggio del gigantesco aquilone e trasportatolo in riva al mare, provvedevano a governarlo

con una mezza dozzina di grosse gomene. In pratica la costruzione iniziava con la raccolta dei materiali necessari al loro assemblaggio, in sostanza canne di varie dimensioni e spessi fogli di carta, sufficienti per un diametro superiore alla quindicina di metri, impegno che già costituiva uno sforzo straordinario per le loro misere risorse locali. Per cantiere impiegavano una spianata equivalente alla superficie di diverse case sul cui terreno venivano deposte la tante canne che avrebbero costituito il reticolo ortogonale dell'aquilone, grosso modo di forma ellittica. Su tale orditura, resa solida da innumerevoli legature, si collocava il rivestimento di carta, fissandolo a sua volta con sottili legacci vegetali. Ultimata la preparazione si attendevano le prime giornate estive caratterizzate da forti venti di mare: trasportato non senza intuibili difficoltà il gigantesco aquilone sulla spiaggia, bastava a quel punto inclinarlo appena perché venisse immediatamente sollevato nel cielo, mentre alcune centinaia di persone ne trattenevano le grosse gomene di manovra.

Le notizie in merito divulgate da Marco Polo e da altri viaggiatori innescarono in Occidente un forte desiderio d'emulazione. In maniera alquanto confusa, si sa che qualche aquilone con equipaggio fu fatto innalzare persino a Roma, tra il XIV ed il XV secolo, ma le ascensioni caddero nel più assoluto silenzio. Intuibili le remore







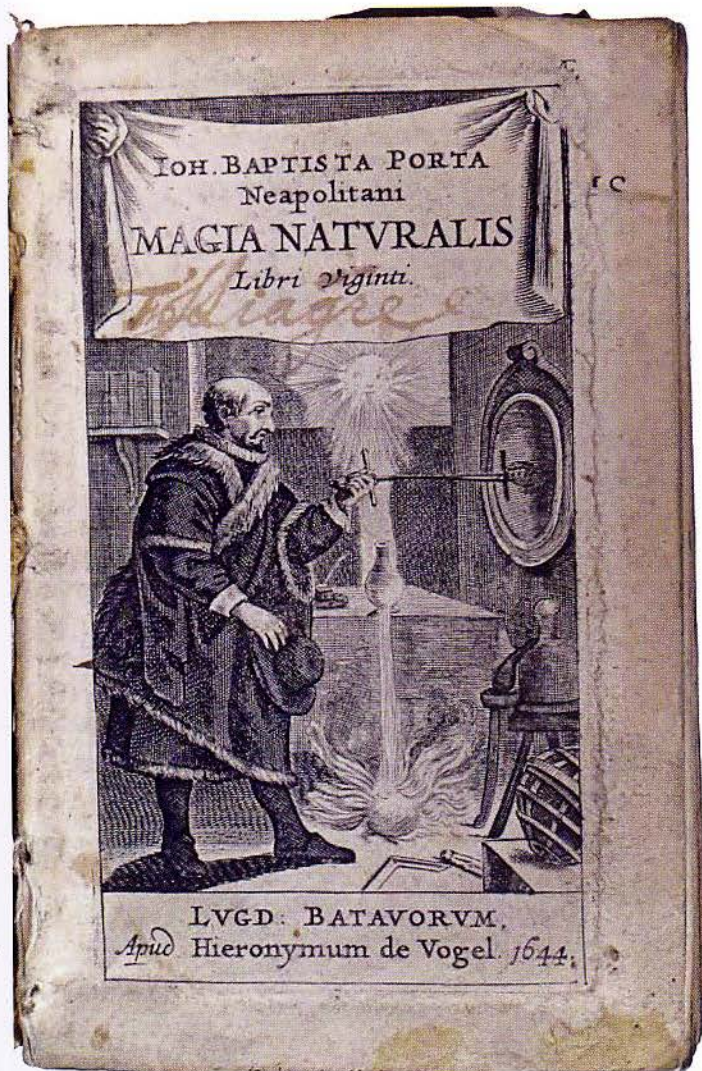
religiose in un contesto di superstizioso fanatismo. Non può, tuttavia, escludersi che l'eco di tali esperimenti giunse in qualche modo alle orecchie di Leonardo da Vinci, che in alcuni suoi disegni e scritti sembra rievocare la positiva verifica.

Diversamente dalla Cina, in Europa lo sviluppo e l'impiego degli aquiloni giganti risultano ben documentati. Giambattista della Porta nel suo *Magiae Naturalis*, stampato a Napoli nel 1558, ce ne descrive un esemplare più piccolo, ma ormai già d'impiego corrente, in questi termini:

#### DRAGO VOLANS

*Vel cometae sydus dicitur. Cuius talis sit constructio. E subtilioribus harundinum paxillis quadrangulum constituitur, ut longitudo latitudini hemiolae sit proportionis: diametri duo, & expositis partibus, vel angulis immittantur quarum interesectione funiculus illigetur, & eiusde quantitatis cum duobus aliis iungantur è capitibus machine provenientibus. Sic papyro, vel subtili lino obtegatur, ne quid grave in ea sit: inde è turris, montis, vel altoris loci fastigio aequalibus, & uniformibus ventis credenda, non validis ne disrumpatur machina,*





*nec levibus, nam si undique silebit aura, eam non sublimat, ventorumque; segnitie irritum facit laborem. Ipsa rectio non incedat tramite, sed obliquo, quod efficit funis tractus è capite uno ex altero, longa cauda, quam è restibus effinges aequidistantibus, & papyris passim religatis, sic levitractu immissa, artificis manibus committenda, qui nec segniter, nec oscitanter, sed vvalide impellat, & sic volitans carbasus aera petit, ubi paululum fuerit elevatus (hic enim ex domorum abfractu disruptus est ventus) ut vix manibus compesci, vel riteneri queat. Laternam aliqui supra locant, ut cometa videitur, sclopum alii charta, & pyrio pulvere involutum, & quum in aere quiescit, immittitur per restim accensus funiculus, anulo, vel lubrico aliquo: statimque velum petens, ignem ori admovent, maximoque; tonitru in plutens machina dissilit partes, & ad terram procumbit. Aelurum aliqui, vel cartulum ligant, ac per aerem immissas auscultant*

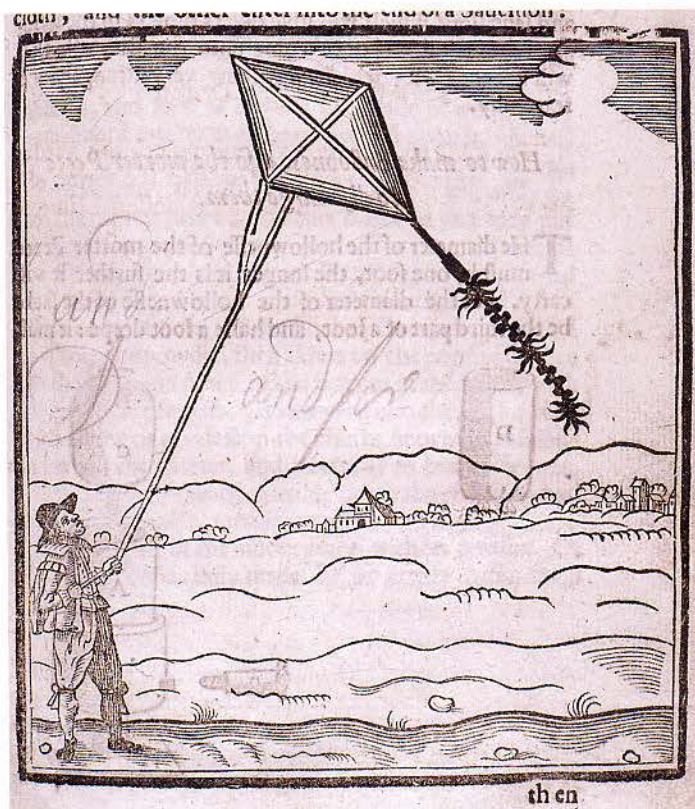
*voces. Hinc auspicari poterit, ingentibus alias cubito, & pectori deligatis, eas autem à pueritia paulatim iactare assuescat, loco semsem sublimiori. Quod si quispiam id mirtum putabit, aspiciat ea, quae Archytam Pythagoricum commentum esse, atque; fecisse tradunt. Plerique enim nobilium Graecorum, & Phavorinus Philosophus memoriarum veterum exequentissimus, affirmatissime scripserun, simulachrum colombae è ligno ad Archyta ratione quodam, disciplinaque mechanica factum volasse, et erat scilicet libramentis suspensum, & aura spiritus inclusa, atque occulta coinorum.<sup>1</sup>*

Nel 1634 è la volta di John Bate che pubblica in Inghilterra *The Mysteriies of Nature and Art*, in cui descrive dettagliatamente un aquilone del genere e torna a suggerirne

<sup>1</sup> G. DELLA PORTA, *Magiae Naturalis*, edizione 1619, p. 621.

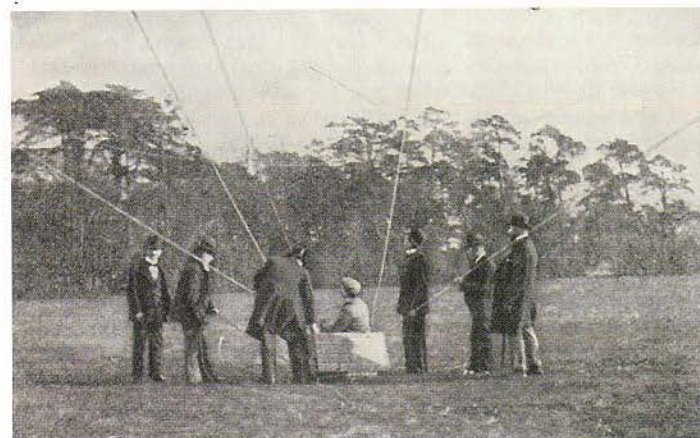
Nella pagina a fianco: l'aquilone appena terminato e trasportato sulla spiaggia, viene inclinato per catturare la spinta ascensionale dei monsoni. Quindi, la popolazione del villaggio provvede al suo governo tramite spese gomene.

A fianco: il frontespizio dell'opera di Giovanni Battista della Porta. Sotto: tavola tratta dall'opera di John Bate.





l'impiego militare. I tentativi di percorrere le vie del cielo con improbabili aquiloni non andarono però oltre a goffi e velleitari saltelli, non di rado conclusisi in maniera tragica. L'esordio del pallone aerostatico sembrò del resto decretare la fine dell'aquilone da trasporto, che tornò nuovamente alla ribalta soltanto alla metà del XIX secolo, quando B. F. S. Baden-Powell, fratello del più celebre fondatore dei boy scout, lo riesumò come osservatorio in alternativa agli aerostati, troppo visibili e vulnerabili. Ma bisogna attendere il 1894 per assistere all'ascensione di un uomo, con il suo Levitor Kite, all'altezza di una trentina di metri. Per la verità in precedenza vi erano stati dei brevissimi voli, di poche



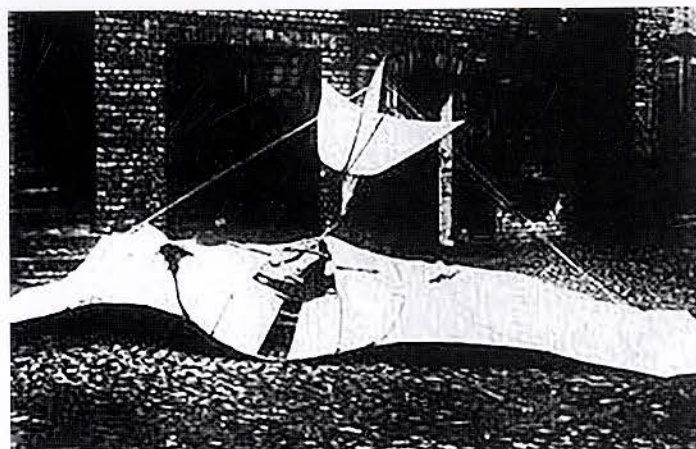
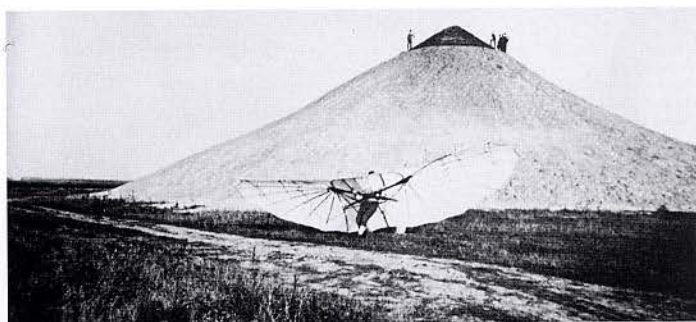
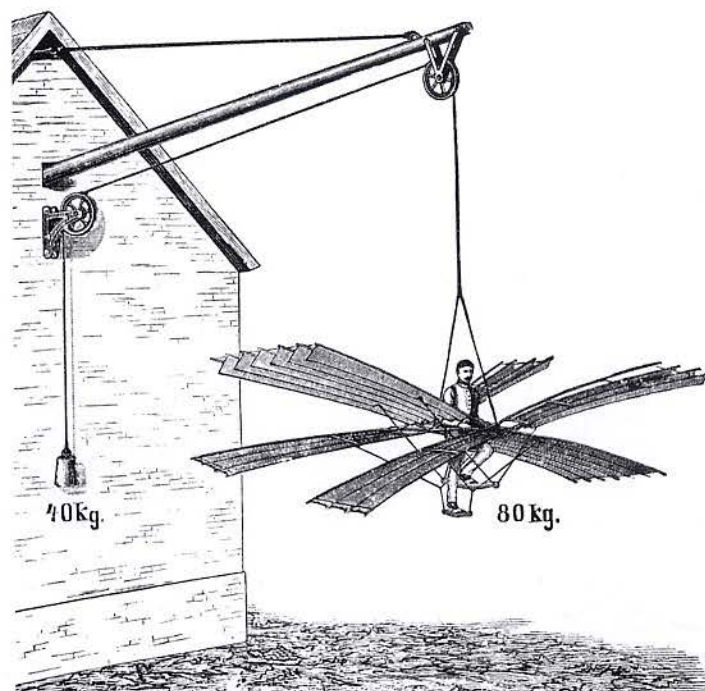
A fianco e sopra: le prove dell'aquilone progettato e realizzato da Baden-Powell, 1894.

Sotto: Guglielmo Marconi assiste al decollo di un aquilone "Levitor" di Baden-Powell, utilizzato per sollevare un'antenna radio a St. John's in Newfoundland, Canada nel 1901.





decine di metri, condotti con mezzi ibridi, un po' alianti ed un po' aquiloni. Tra questi restarono famosi quelli di Otto Lilienthal, al quale peraltro si attribuisce il primo vero volo librato tra il 1891 ed il '93: e che riuscisse a sollevarsi significativamente lo dimostra la sua morte, avvenuta il 9 agosto del 1896 per la rottura di un'ala durante una dimostrazione, precipitando da 17 m di altezza.



In questa pagina ed in quelle successive: ritratto di Otto Lilienthal, schemi di funzionamento dei suoi aquiloni e prime prove sperimentali. Nell'immagine al centro, in particolare, il Flugmonten, la "Montagna per il volo", da lui realizzata per il lancio. Nell'immagine sopra, invece, il relitto dopo l'incidente fatale a Parigi, nel 1896.





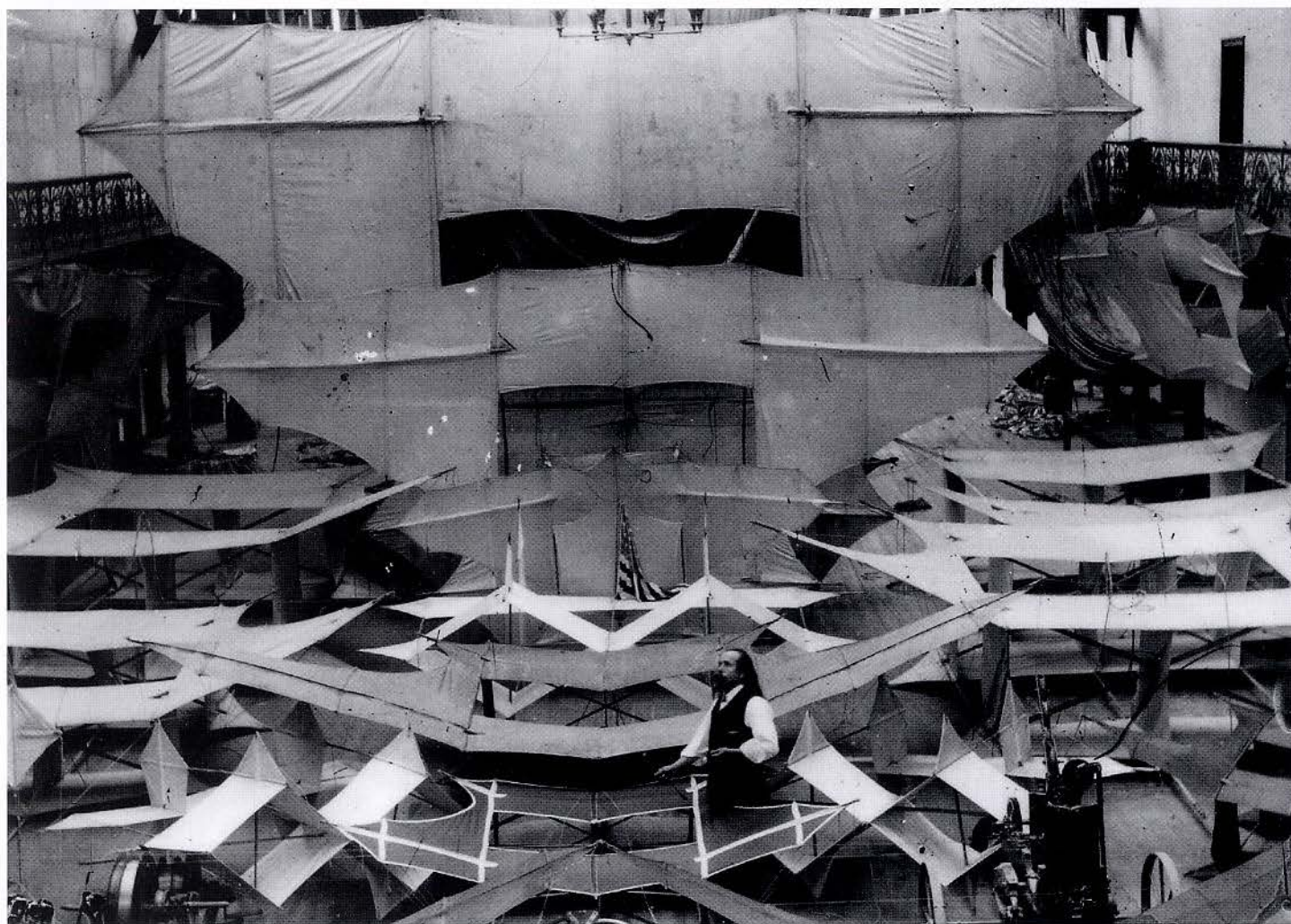
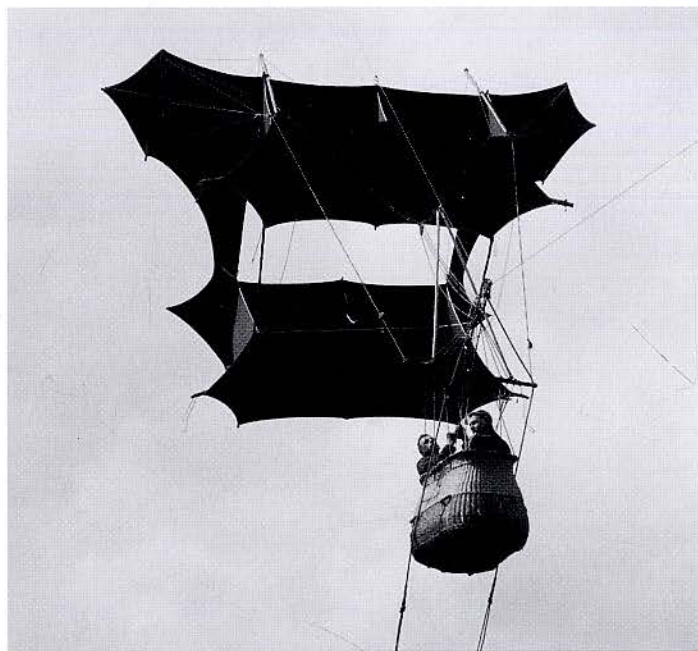




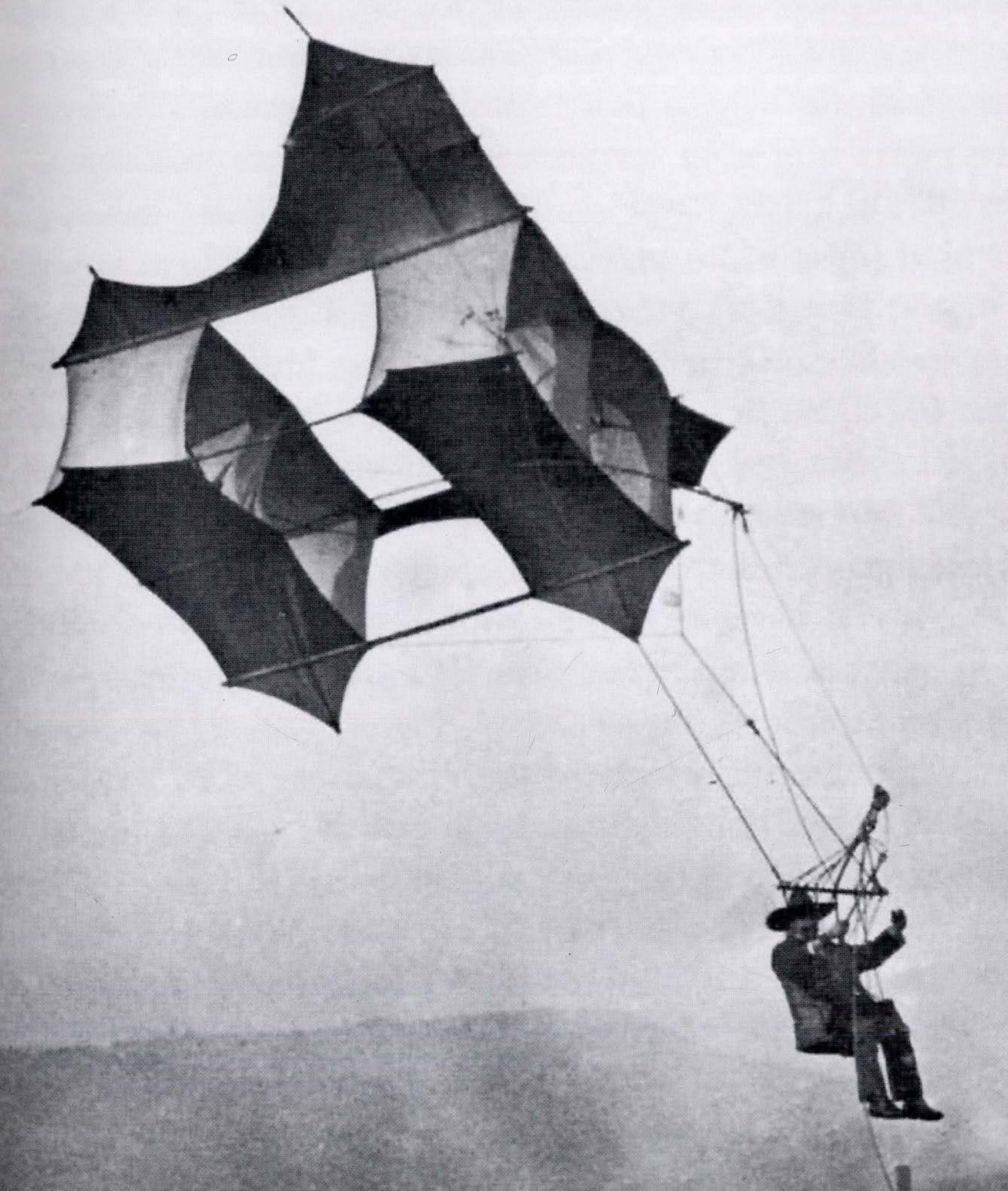


In quello stesso anno un australiano si staccò da terra mediante quattro aquiloni, ma fu un texano, un certo Samuel Franklin Cody, che costruì il sistema di aquiloni migliore per l'ascensione umana, coinvolgendo le forze armate nella vicenda. In un'esperienza del 1906 superò la quota di mille metri ma l'avvento dell'aereo rese quei risultati il canto del cigno degli aquiloni con equipaggio, lasciandone presumere l'irreversibile abbandono. Una variante sofisticata del Cody fu elaborata dalla *Kriegs Marine* germanica per essere utilizzata sugli *U-boot*, nell'antica funzione di vedetta aerea. Suo tramite un osservatore fatto ascendere a discreta altezza riusciva a scrutare un vasto settore, comunicando tramite un telefono quanto scorgeva.

In basso: *Samuel Franklin Cody nel laboratorio ricavato nel salone della sua casa, destinato alla costruzione delle aquiloni.*  
A lato e nella pagina a fianco: *le prove di alcuni modelli di aquilone, con a bordo lo stesso Cody.*













Una seconda tipologia di dispositivi più pesanti dell'aria, che permettevano brevi voli librati, vanta un'altrettanta remota anzianità ma in occidente: quella delle superfici alari posticce, la cui ultima derivazione è il deltaplano. Che qualcosa del genere dovette essere nota anche agli inizi del primo secolo d.C., per l'esattezza al tempo di Nerone, lo testimonia la vicenda di Simon Mago. Negli Atti degli Apostoli così è ricordato:

*V'era da tempo in città un tale di nome Simone, dedito alla magia, il quale mandav in visibilio la popolazione di Samaria, spacciandosi per un gran personaggio. A lui aderivano tutti, piccoli e grandi, esclamando: "Questi è la potenza di Dio, quella chiamata Grande." Gli davano ascolto perché da molto tempo li aveva fatti strabiliare con le sue magie...<sup>2</sup>.*

Stando alle fonti, per voler affermare in maniera inoppugnabile la sua capacità superiore, il mago si estrinsecò dinanzi all'imperatore Nerone in una sorta di volo librato, gettandosi da un traliccio fatto appositamente erigere, o forse dalla sommità di un edificio vicino. Stando sempre alle stesse e interessate fonti, sembrerebbe che avesse una specie di macchina alare, una probabile variante dell'aquilone o del paracadute: di certo qualcosa non funzionò e si schiantò a terra!

Per i cristiani fu la conferma della giusta punizione che attendeva ai blasfemi, per i pagani la riprova di un'idea non ancora utilizzabile. Per restare alla fonti, che in questa ultima parte della vicenda sono alquanto discordi, Simon Mago morì intorno al 64-65, non necessariamente nella caduta o per le conseguenze della caduta. Secondo una versione, infatti, avrebbe tentato un ulteriore esperimento nel corso del quale morì sepolto vivo. Secondo un'altra, invece, dopo la caduta si sarebbe, sebbene fratturato, suicidato

per la vergogna. Secondo un'altra ancora, dopo la caduta sarebbe stato soccorso da alcune persone e portato dapprima a Terracina poi ad Ariccia dove alla fine sarebbe deceduto e sepolto. Lì, dopo avere fabbricato delle nuove ali, sarebbe caduto e questa volta lasciandoci la vita. Stando ancora ad altre laconiche fonti laiche, Simone, per quella temeraria dimostrazione più che sulle potenze infernali, fece affidamento su di una misteriosa macchina alare, forse delle ali posticce o forse un embrionale paracadute, come quelli già da secoli usati dagli acrobati cinesi. Quale che fosse il congegno, di certo non funzionò a dovere e l'incauto aviatore si schiantò al suolo, rompendosi le gambe, accreditando così la leggenda di un intervento diretto di San Pietro, per porre fine al blasfemo volo. Probabile che in nessuna vi sia la verità, anche se ad Ariccia esiste una lapide che ne ricorda la sepoltura. Probabile pure, per concludere, che si trattasse di un predicatore più o meno eretico e che usasse, per catturare nuovi fedeli, stupirli con apparenti prestazioni magiche, fra le quali il volo librato grazie a leggere superfici frenanti.

Di ali posticce si avvalsero pure altri due misconosciuti pionieri del volo librato, vissuti quasi nella stessa epoca e finiti, per analoghe ragioni, entrambi con le gambe fratturate. Il primo, la cui statua si osserva dinanzi all'aeroporto internazionale di Baghdad (analogia irachena del nostro Leonardo da Vinci dinanzi all'omonimo aeroporto), fu uno scienziato arabo, Abbas Ibn Firnas, nato nell'810 nei pressi di Cordoba.



<sup>2</sup> ATTI DEGLI APOSTOLI, 8, 9-21.

Nella pagina a fianco: Cimabue, *La caduta di Simon Mago*, 1280 c. A fianco: Benozzo Gozzoli, *La caduta di Simon Mago*, XV sec.





Alla non verde età di 65 anni, dopo aver studiato a lungo il volo degli uccelli, si costruì delle leggere ali di vimini e tela e si lanciò dall'alto del minareto della Grande Moschea della città, divenuta in seguito una cattedrale. Restò in aria una decina di secondi e poi, non potendo governare quella macchina priva di coda, ricadde malamente, rompendosi le gambe e fratturandosi alcune costole. Morì una dozzina d'anni dopo, e pur avendo ben compreso la ragione della caduta non ebbe più l'opportunità di ritentare il volo. Al riguardo:

*"lo storico marocchino al-Maqqari, morto nel 1632, ma che si è avvalso di molte fonti ormai non più esistenti, racconta di un certo Abu'l Qasim 'Abbas Ibn Firnas che abitava a Cordova nel nono secolo successivo. [...] Nessun storico può ritenere del tutto attendibile una fonte scritta 750 anni dopo l'evento, ed è sorprendente che, sebbene numerosi testimoni oculari abbiano assistito al volo di Firnas, nessuna menzione indipendente oltre quella di al-Maqqari è sopravvissuta. Tuttavia al-Maqqari cita una poesia contemporanea di Mu'min Ibn Said, un poeta minore di*





*Cordoba di Mubammad I (886 d.C.), che sembra riferirsi a questo volo e che ha un notevole valore probatorio perché Mu'min detestava Ibn Firnas: ha criticato, infatti, una delle sue metafore e ha rifiutato il suo tuono artificiale. [...] Sebbene le prove siano lievi, dobbiamo perciò concludere che Ibn Firnas sia stato il primo uomo a volare con successo, e che ha priorità su Eilmer per questo onore. Ma non per questo è lecito supporre che Eilmer abbia avuto bisogno di stimoli stranieri per costruire le sue ali. L'Inghilterra del suo tempo, garantiva un'atmosfera favorevole all'originalità, in particolare i ambito tecnologico".<sup>3</sup>*

Quanto al menzionato Eilmer di Malmesbury, nacque intorno al 980 in Inghilterra e divenne monaco benedettino presso l'abbazia di Malmesbury, distinguendosi per le conoscenze scientifiche. Tra il 1002 ed i 1010, costruite delle ali posticce, si lanciò dal campanile dell'abbazia. Così la rievocazione di quel volo:

*"Era un uomo istruito per quei tempi, di vecchiaia matura che nella sua giovinezza aveva compiuto un atto di notevole audacia. Con alcuni congegni, che non saprei descrivere meglio, attaccate delle ali alle mani e ai piedi in modo che, confondendo la leggenda con la storia, avrebbe volato come Dedalo e, avvalendosi della brezza sulla cima di una torre, volò per oltre un paio di centinaia di metri. Ma agitato dalla violenza del vento e da un vortice d'aria, così pure dalla consapevolezza della sua temerarietà, è caduto, e si è rotto ambedue le gambe restando per sempre claudicante. Ha attribuito la causa dell'incidente alla mancanza di piani di coda".<sup>4</sup>*

Nonostante la menomazione ridisegnò la macchina, ma l'abate non gli consentì altre prove<sup>5</sup>. Oggi è ricordato in una policroma vetrata della cattedrale.

<sup>3</sup> La citazione è tratta da L. T. WHITE jr, *Eilmer di Malmesbury, un Aviatore dell'undicesimo secolo: uno studio di casi di innovazione tecnologica, il suo contesto e la tradizione*, in *Tecnologia e cultura* II, 1961, pp. 97-111.

<sup>4</sup> La citazione è tratta da WILLIAM DI MALMESBURY, *Gesta regum Anglorum*, R. M. THOMSON e M. WINTERBOTTOM, 2 vol., Oxford Medieval Texts, 1998.

<sup>5</sup> Cfr. P. SCOTT, *Le spalle dei giganti: una storia del volo umano fino al 1919*, 1995.

Nella pagina a fianco: la statua dedicata ad Abbas Ibn Firnas a Baghdad e la ricostruzione del suo meccanismo al Museo Ibn Battuta di Dubai. A fianco: vetrata raffigurante Eilmer nell'abbazia di Malmesbury.









PIÙ LEGGERI DELL'ARIA







## CAPITOLO SECONDO

### *Aria calda*

È attualmente assodato che in Cina dei piccoli palloni ad aria calda - delle sacche di carta con all'interno una sorta di candela, erano impiegati per gioco già intorno al III secolo e, per altre fonti, addirittura oltre due millenni or sono. Definite attualmente lanterne volanti o mongolfiere di carta o ancora più propriamente lanterna *Kongming*, sono in pratica delle piccole mongolfiere inventate in Estremo Oriente. Stando alle credenze popolari cinesi l'invenzione della lanterna volante viene attribuita al filosofo e stratega Zhuge Liang, noto anche a corte come *Kongming*. Il suo sviluppo ed impiego massivo avvenne a partire dal III sec. a.C. impiegandosi come pallone per segnalazione militare.

I più piccoli involucri destinati a contenere l'aria riscaldata da una grossa candela non differivano granché dalle attuali buste per il pane e, in corrispondenza della loro apertura orientata verso il basso, si collocò il supporto della candela, la cui fiamma riscaldava in pochi istanti l'aria nell'involucro. Ne scaturiva un'antesignana mini mongolfiera che subito si sollevava trascinando in alto, oltre all'involucro, anche la relativa fiammella. I lanci, per accentuare lo spettacolo, avvenivano con le tenebre e si proponevano come una surreale inversione delle stelle cadenti poiché, una volta esaurita la fiamma dopo una breve ascesa, quei punti luminosi svanivano nel cielo notturno.

Come in tutti i giochi di successo, via via si incrementarono le dimensioni del sacchetto e della torcia, che ben presto si trasformarono in capaci palloni ed in ampi bracieri, essendo evidente la correlazione tra potenzialità ascensionale e volume dell'involucro, rendendoli idonei a innalzare persino un cospicuo peso. Plausibile, pertanto, ritenere che qualcosa del genere, sebbene di formato maggiore e capace di sollevare un uomo, fosse alla portata tecnologica, come alcuni esperimenti hanno ampiamente dimostrato. Per una persona di piccola costituzione, infatti, sarebbe bastata una sfera di una



Sopra e nella pagina a fianco: le *Kongming*, lanterne di carta volanti, inventate in Cina nel III sec. a.C.



decina di metri di diametro: in quanto tale sembrerebbe percorrere, oltre alle mongolfiere, anche i palloni frenati destinati alla sorveglianza ed alla ricognizione bellica: sull'attuazione dell'ipotesi, tuttavia, non si hanno attendibili riscontri. Significativi al riguardo gli studi del gesuita Francesco Lana de' Terzi, 1631-1687, che per molti aspetti anticiparono la mongolfiera. Si occupò, infatti, attivamente del volo di un mezzo più leggero dell'aria e la ricerca scientifica più significativa da lui condotta fu esposta nella sua opera dato alle stampe a Brescia nel 1670<sup>1</sup>.

Opera celebre soprattutto per il fantastico progetto di "nave volante", descritto dettagliatamente nel sesto capitolo e illustrato da una famosissima tavola. Si trattò di uno dei primi studi scientifici d'indubbia attendibilità sul tentativo di realizzare un vascello volante più leggero dell'aria (anche se il concetto alla base della navicella sostenuta dall'aria risulta basato su di un errore culturale che lo rendeva del tutto irrealizzabile da un punto di vista fisico). Secondo il progetto, mirante a "*fabbricare una nave, che camini sostenuta sopra l'aria a remi, & a veli*", il velivolo doveva essere sollevato per mezzo di quattro sfere di rame, dalle quali doveva essere estratta tutta l'aria. La chiglia sarebbe stata appesa alle sfere di rame (di circa 7,5 metri di diametro), con un albero a cui era attaccata una vela. Stando ai suoi calcoli, una volta effettuato il vuoto nelle sfere, esse divenivano più leggere dell'aria e offrendo perciò una spinta ascensionale sufficiente a sollevare la barca e sei passeggeri. Nella stessa opera, tuttavia, presagio del ruolo che un mezzo volante avrebbe rivestito nelle guerre del futuro, oltre 100 anni prima che un essere umano si sollevasse per la prima volta a bordo di una navicella sospesa a un pallone, che Dio non poteva, scrisse:

*"permettere che una tale machina sia per riuscire nella pratica, per impedire molte conseguenze che perturberebbero il governo civile e politico tra gl'uomini".*<sup>2</sup>

E dando prova di una certa lungimiranza aggiunse:

*"Chi non vede che niuna città sarebbe sicura dalle sorprese, potendosi ad ogn'ora portar la nave [volante] a dirittura sopra la piazza di esse e, lasciatala calare a ter-*

<sup>1</sup> Cfr. F. LANA DE' TERZI, *Prodromo ovvero Saggio di alcune inventioni nuove premesso all'arte maestra... per mostrare li più reconditi principi della naturale filosofia*, Brescia 1670.

<sup>2</sup> Il testo di LANA DE' TERZI fu riproposto per la sua presunta validità anche dal capitano J. GRADENIGO, *Nuova raccolta di opuscoli scientifici e filologici*, Venezia 1784 tomo 40°, p. 131.



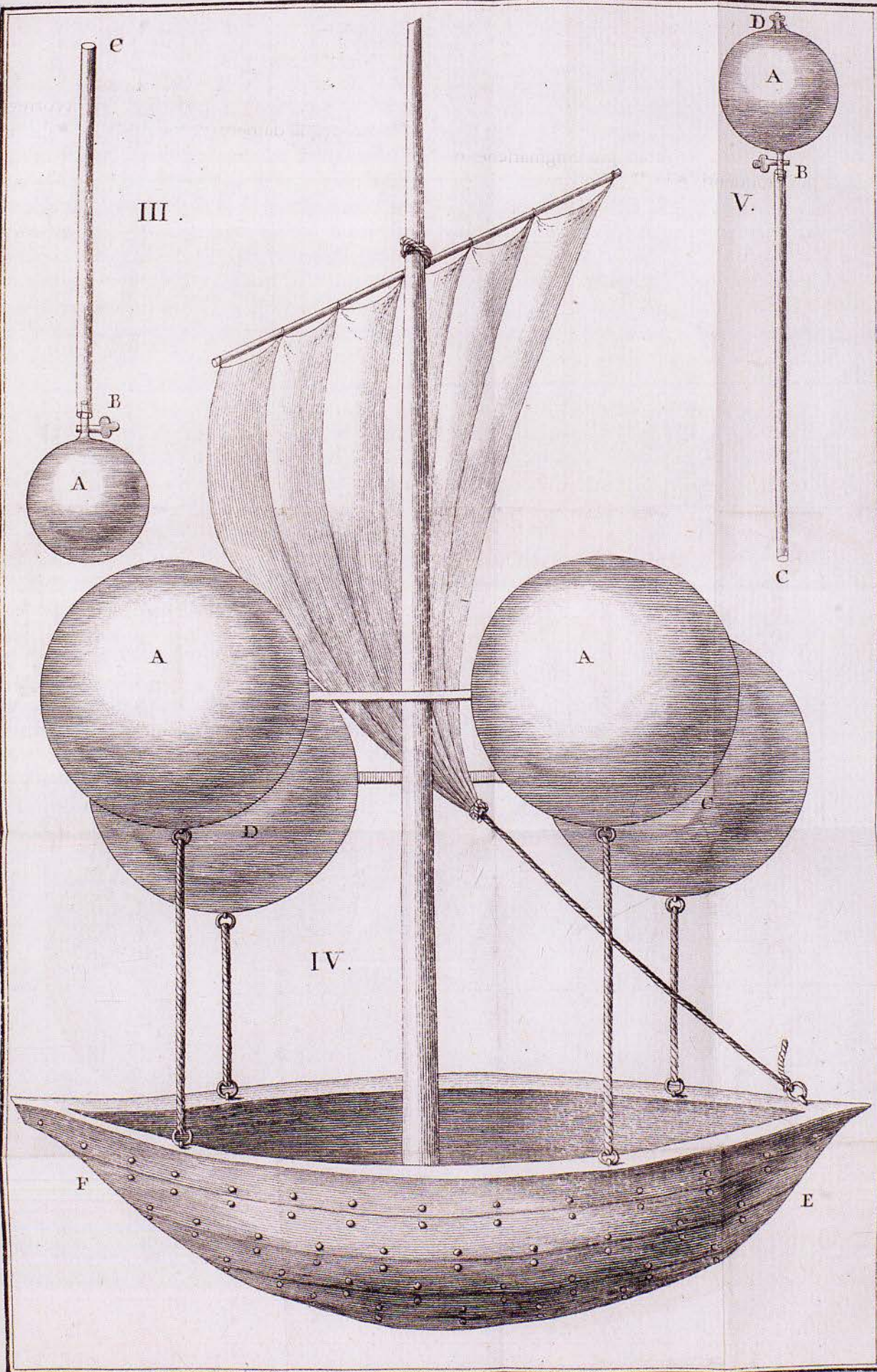
*ra, descendere la gente? L'istesso accaderebbe nelle corti delle case private e nelle navi che scorrono il mar... anche senza descendere, con ferri che dalla nave [volante] si gettassero a basso [essa potrebbe] sconvolgere i vascelli, uccider gl'uomini ed incendiare le navi con fuochi artificati, con palle e bombe".*<sup>3</sup>

Registrò anche quelle sue idee nel *Prodromo*, il cui progetto ovviamente restò nell'ambito delle pure elucubrazioni pur insistendo su seri principî fisico-matematici, che gli varranno di essere annoverato tra i pionieri dell'aeronautica. Oggi sappiamo che la realizzazione del progetto non è possibile sotto il profilo pneumatico, perché la pressione dell'aria schiaccerebbe le sfere che, se mai fossero state tanto robuste da resistervi, avrebbero avuto un peso superiore alla spinta fornita. In definitiva il grande merito dello scienziato è di aver per primo applicato alla navigazione aerea il principio di Archimede, lo stesso che consente alle navi di galleggiare sull'acqua e che nel 1783 porterà all'aerostato dei fratelli Montgolfier.

<sup>3</sup> La citazione è tratta da M. MAJRANI, *Aerostati-Veloci come il vento, leggeri più dell'aria*, 1999.

Sopra: il frontespizio dell'opera del gesuita Francesco Lana de' Terzi. Nella pagina a fianco: una tavola tratta dallo stesso volume.







## Geoglifici di Nazca

Dove però le tracce a terra del sollevamento umano sono per molti studiosi di gran lunga più enigmatiche, o per molti altri più eloquenti, è in Perù, sul deserto altipiano di Nazca a circa 400 km da Lima. Lì centinaia di linee rette lunghe fino a 65 km, disegni e composizioni geometriche di proporzioni colossali che si susseguono sopra quella sorta di immensa lavagna, per una superficie di oltre 450 kmq sistematicamente evitata dalle piogge degli ultimi dieci millenni. A prima vista l'inestricabile groviglio di innumerevoli striature non sembra suggerire che un faticoso passatempo collettivo o, a voler essere indulgenti, un partecipato rituale religioso. Per dare un'idea dimensionale del fenomeno si tratta di oltre 13.000 linee, che formano circa 800 disegni, alcuni dei quali lunghi quasi duecento metri!

Ma per i remoti esecutori quegli enormi graffiti, al di là della intuibile difficoltà del tracciato, implicarono comunque lo spostamento di diverse migliaia di metri cubi di pietrisco. Fatica compiuta sotto il sole battente e senza il benché minimo refrigerio, fosse pure la modesta om-

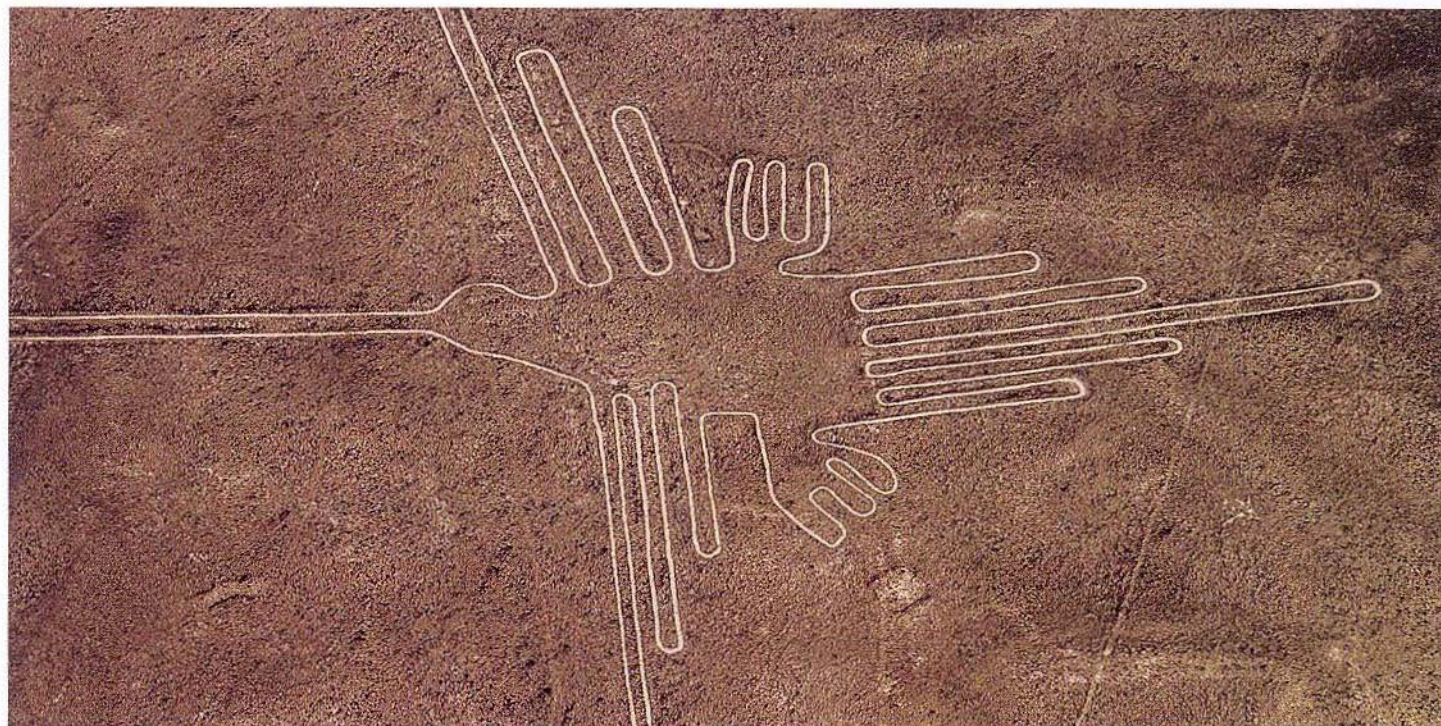
bra di un albero! È seriamente credibile compiere tale spossante lavoro, in un contesto dove occorreva portarsi persino l'acqua da bere, per non parlare del cibo essendo la permanenza minima inevitabilmente di diversi giorni? Certamente quei numerosi *geoglifici*, neologismo coniato per tentare se non altro di definirne la tipologia, possono suporsi di finalità rituale, specialmente quando a soggetto animale, ma nel caso di linee lunghissime o di complesse composizioni geometriche a cosa potevano servire?

Vi è poi un'altra e risaputa constatazione: tutti i tracciati appaiono nitidi se osservati da un centinaio di metri d'altezza. Al di sotto, però, sono indistinguibili e al di sopra invisibili. Quasi scontato immaginare che, chiunque li eseguì, doveva poterli rimirare dall'alto, magari per dirigerne la corretta esecuzione: in che modo si sarebbe sollevato sul deserto? Ed ancora una volta si ripresentano puntuali le due diverse modalità di ascensione, entrambe compatibili con la tecnologia locale vigente, ed entrambe risolutive al riguardo. In particolare sono stati ipotizzati dei grossi aquiloni, agevolati dalle impetuose termiche che venivano esaltati dall'arroventarsi diurno della sterminata pietraia, come pure delle rudimentali mongolfiere gonfiate con l'aria calda, prodotta da roghi le cui vestigia nerastre ancora si distinguono nel rigido crepuscolo mattutino.

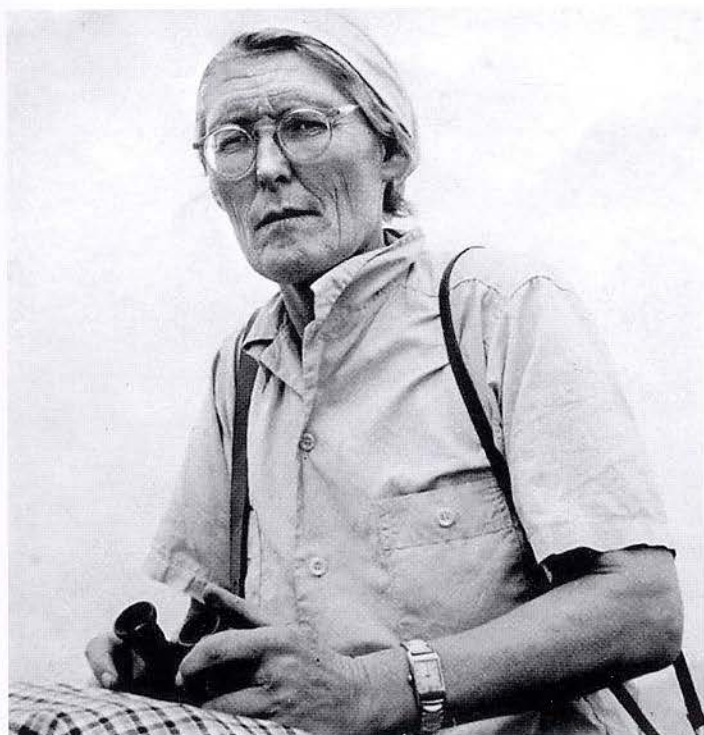
Ad una conclusione del genere giunsero pure i primi studiosi che a partire da una prima osservazione si interessarono seriamente di quei giganteschi disegni:

Sotto e sulla destra nella pagina a fianco: alcuni tra i più spettacolari geoglifici di Nazca, in Perù.

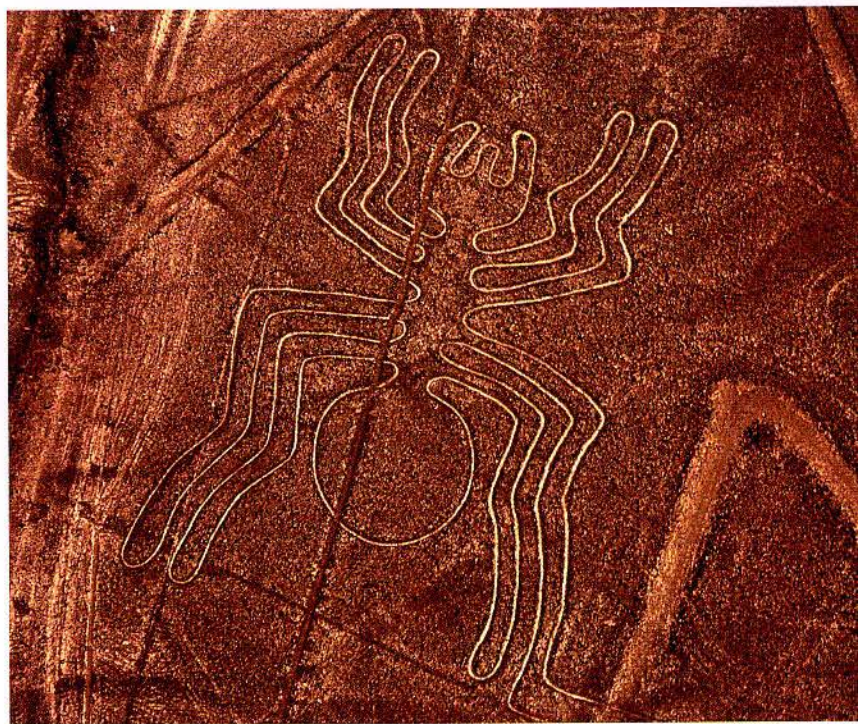
Nella pagina a fianco, in alto a sinistra: Maria Reiche, studiosa che ha dedicato la sua intera vita allo studio dei geoglifici di Nazca.







*“nel giugno 1938, lo scienziato americano Paul Kosok, archeologo e geofisico della Long Island University di New York, esaminando i resti degli antichi sistemi di irrigazione precolombiani, scoprì la gigantesca figura di un uccello, tracciata sul terreno nella vallata del Rio Nazca. L'immagine era stata disegnata come se si fosse dovuta vedere dall'alto, in quanto a livello del terreno essa appariva difficilmente identificabile. Successive ricerche evidenziarono nella zona un'incredibile dovizia di figure e di linee perfettamente rettilinee, lunghe anche 10-20 km, tecnicamente molto difficili o quasi impossibili da realizzare in mancanza di un controllo aereo. Interpellata da Kosok per una consulenza, l'archeologa e matematica tedesca Maria Reiche, che in quegli anni viveva in Perù, fu talmente affascinata dalle linee di Nazca, che dal 1939 dedicò la sua intera vita allo studio delle misteriose figure. La Reiche riuscì a datarne l'epoca, tra 2.800 e 1.400 anni or sono, e a fornire convincenti spiegazioni del perché gli indios avessero creato tali disegni. Tuttavia, nonostante gli studi continuati fino al 1998, quando morì ultranovantenne, la studiosa non volle o non seppe trarre conclusioni su come i disegni fossero stati tecnicamente realizzati. Nel museo archeologico di Lima sono conservati diversi oggetti di terracotta antichi di 2000 anni, sui quali appaiono disegni che raffigurano inequivocabilmente dei*





*rudimentali palloni ad aria calda, di forma tetraedrica. Nel 1975, alcuni studiosi della International Explorer Society, fabbricarono una mongolfiera utilizzando esclusivamente materiali che già gli indios di Nazca conoscevano, secondo i modelli raffigurati sulle terrecotte. La forma tetraedrica è la sola che si possa ottenere semplicemente piegando un unico pezzo di materiale, senza giunture. La cesta venne realizzata utilizzando fasci di totora, la canna palustre del lago Titicaca, dagli stessi artigiani della tribù Uros che fabbricarono il Kon Tiki, la famosa barca con la quale Thor Heyerdahl navigò per quattromila miglia da Lima alle Isole della Società. Il pallone, chiamato Condor I, di circa 2300 mc di volume, fu affidato al pilota inglese Julian Nott e gonfiato sotto la guida di Doc Crane, specialista di "palloni a fumo", ovviamente usando legna, lana di lama e altri combustibili non tecnologici e tipici del luogo. L'aerostato, privo di qualsiasi strumentazione di volo, salì maestosamente con due persone a bordo fino a 570 metri di quota e ridiscese senza danni venti minuti dopo, mentre dalla navicella veniva gettata la zavorra caricata prima del decollo".<sup>4</sup>*

Tornando alle due ipotesi sugli eventuali mezzi aerei utilizzati per dirigere dall'alto quei tracciati circa quella relativa all'impiego di cervi volanti, va osservato che le scarse fonti disponibili sembrano in varie circostanze alludere proprio a dei grandi cervi volanti, ottenuti con nervature vegetali rivestite di un particolare tessuto simile alla seta. Alcuni rinvenimenti in tombe hanno permesso di accertarne l'elevata resistenza e la straordinaria leggerezza, superiore a quella degli attuali paracadute. Quanto ai palloni ad aria calda, se ne è effettuata la verifica sperimentale, constatandone la perfetta congruità. In questa seconda ipotesi, i lunghissimi allineamenti potrebbero essere interpretati come delle rotte da seguire, tra un sollevamento e l'altro, per un percorso rituale o propiziatorio.

## Mongolfiera

L'osservazione che l'aria calda si sollevava e con lei le faville e le falde di cenere suggerì l'idea di una macchina volante basata sullo sfruttamento di tale fenomeno sin dall'età elle-

nistica. Infatti: "per citare situazioni più vicine alla nostra cultura, lo stesso Archimede, nel 212 a.C. esprime il concetto dell'"aria rarefatta", correlato al suo famoso "principio". All'inizio del 1200, Alberto Magno, o anche Alberto da Colonia, figlio di un militare e maestro di S. Tommaso d'Aquino, santificato a sua volta nel 1931 da Papa Pio XI, teologo e filosofo tedesco, aveva fatto innalzare una leggerissima vescica gonfiata con alito caldo. Lo scienziato compiuti i suoi studi a Padova, dove nel 1223 divenne domenicano, nel suo *De Mirabilibus Naturae* aveva già suggerito un primo metodo per far volare un involucro di papiro riempito con zolfo, carbone e sale. Ruggero Bacone, scienziato e filosofo inglese (1214-1294) ipotizzò anche lui un grande globo di rame "estremamente fine" che potrebbe essere riempito con "etere atmosferico" o "fuoco liquido", che avrebbe potuto volare nell'aria "come un vascello sull'acqua". Riprendendo gli stessi concetti, nel 1300, il monaco Alberto di Sassonia (1316-1390), detto anche Alberto di Helmstedt, da non confondere con Albertus Magnus, come studioso della gravitazione e di altri fenomeni fisici mise a confronto la leggerezza del cosiddetto "fuoco" o "etere superatmosferico" rispetto a quella dell'aria, e la leggerezza dell'aria rispetto a quella dell'acqua, per dedurre che, riempiendo di tal fuoco una nave, questa avrebbe potuto galleggiare sulla superficie di separazione tra fuoco ed aria, così come un'ordinaria nave, ripiena d'aria, galleggia sull'acqua.

Forse Leonardo da Vinci fu il primo a intuire il potere ascensionale dell'aria calda, come testimonia il suo girarrosto ad aria calda<sup>5</sup> testimonia, ma nulla prova che ne avesse anche ipotizzato la costruzione di appositi palloni. Nel XV secolo, Giovanni da Fontana, 1390-1418, commentatore scientifico italiano, riferisce dell'idea di un ignoto inventore che:

*"progettò di costruire, per mezzo di spesso tessuto e anelli di legno, una piramide di grandi dimensioni... alla cui base un uomo stesse seduto bruciando frammenti di pece o sego o di altro materiale infiammabile per produrre un fuoco intenso e durevole al fine di creare una grande produzione di denso fumo... [e così] il fuoco avrebbe riscaldato l'aria all'interno della piramide facendola diventare più leggera e rarefatta".<sup>6</sup>*

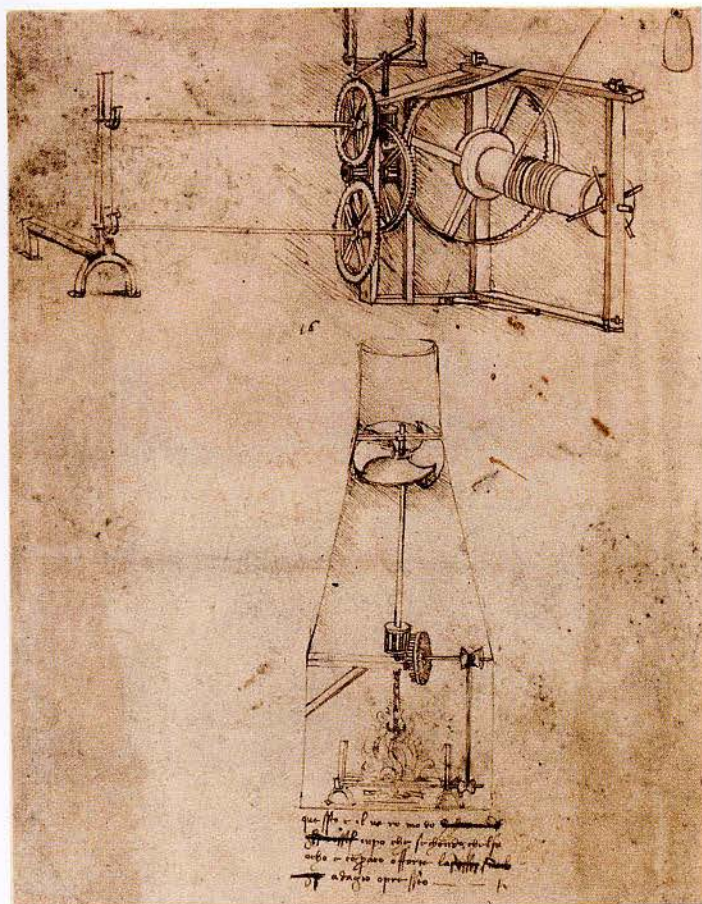
Questa si può considerare come la prima esauriente descrizione di un pallone ad aria calda, anche se frutto di immaginazione e non corrispondente a una macchina real-

<sup>4</sup> Cfr. W.H. ISBEL, *The Prehistoric Ground Drawings of Peru*, in *Phyogographie und Forshun. The Context in the Service of Science*, 1978.

<sup>5</sup> Codice Atlantico foglio 21r.

<sup>6</sup> La citazione è tratta da M. MAJRANI, *Aerostati...*, cit.





*buona dose di taffetà e di corde e ti mostrerò uno dei più sbalorditivi fenomeni al mondo!*". I fratelli iniziarono così a lavorare assieme al fantastico progetto di far innalzare un uomo nell'aria, realizzando un involucro di circa 30 m<sup>3</sup> che subito sollevatosi il 14 dicembre dello stesso anno sfuggì al controllo cadendo a un paio di km di distanza.<sup>7</sup>

Pertanto: "temendo che l'invenzione potesse essere copiata da altri, i primi tentativi furono svolti in gran segreto. Tuttavia, i fratelli informarono ben presto l'Accademia delle Scienze. In una lettera del 14 dicembre 1782, indirizzata all'amico Nicolas Desmarest, chimico e mineralogista, i Montgolfier, quasi dimostrando di possedere capacità divinatorie sul futuro, scrivevano:

*"Voi conoscete la nostra casa, abbiamo preparato la nostra macchina nel giardino nuovo; prima che potessimo*

<sup>7</sup> Per una cronaca dettagliata dell'evento cfr. F. DE SAINT FOND, *Description des expériences de la machine aerostatique de MM. De Montgolfier*, Paris 1783, parte seconda *Les expériences*.

A fianco: Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, foglio 21r.

Sotto: Louis-Léopold Boilly, *ritratto dei fratelli Montgolfier*, 1790 ca.

mente costruita. Non ebbe, tuttavia, non solo alcun seguito ma neppure significativa attenzione, dimenticato del tutto fino all'ascensione dei fratelli Montgolfier sul finire del '700. Per la storia, infatti, il primo sollevarsi di un pallone ad aria calda di notevoli dimensioni avvenne il 4 giugno del 1783, ad opera dei fratelli Montgolfier. Stando alle sue memorie, Joseph Mongolfier, 1740-1810, in una rigida sera del novembre del 1782, trascorsa dinanzi al camino fantasticando sulla conquista della fortezza di Gibilterra, rivelatasi inespugnabile da terra e da mare, immaginò un assalto dall'alto, con attaccanti sollevati in aria come le faville che vedeva innalzarsi dal ceppo che bruciava. Studiando meglio la questione giunse a supporre che proprio nel fumo che saliva nella canna vi fosse un qualche gas leggerissimo origine del fenomeno. Per verificare l'ipotesi costruì una scatola con i lati di legno sottilissimo coperto da un leggero tessuto, di poco più di 1 m<sup>3</sup>, ponendola sopra un effimero fuoco di carta. La scatola si sollevò confermando così, se non proprio la ragione, la dinamica della sua intuizione. Convinse immediatamente il fratello Jacques Étienne Montgolfier, 1745-1799, a partecipare alla costruzione di un grande contenitore dicendogli: "Presto, procurati una

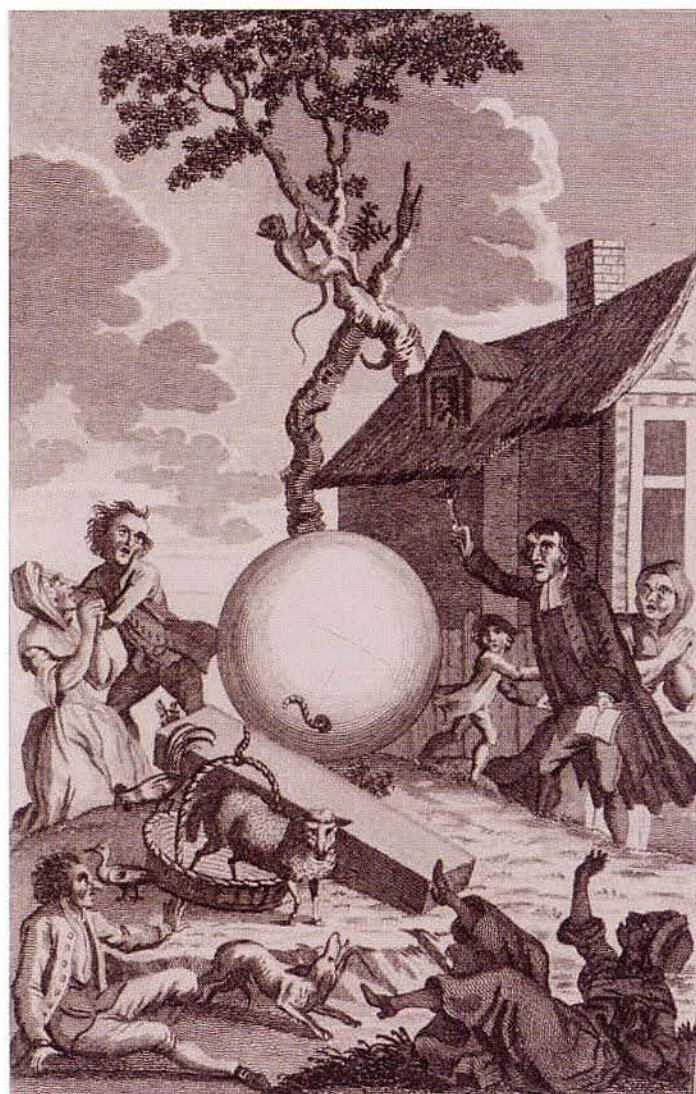




*darle tutta la forza ascensionale di cui può essere dotata, la macchina ha rotto la corda con la quale l'avevamo assicurata, si è innalzata a 100 o 150 tese d'altezza ed è ricaduta sulla cima di una delle creste collinari che attorniano la nostra valle. Tutto ciò è avvenuto in un minuto e mezzo, per cui voi potete avere un'idea dell'altezza da essa raggiunta...vi preghiamo di voler annunciare all'Accademia la prossima costruzione di una macchina che potrebbe essere utile per lanciare segnali sul mare a grande distanza... per trasmettere messaggi da una città assediata, per fare esperienze sui fulmini...".*

Il 6 maggio 1783 un modesto involucro di seta, gonfiato all'aperto sopra un falò, salì fino ad un'altezza di circa 20 metri, librandosi per una ventina di minuti, trattenuto da una corda. A bordo di una rudimentale navicella si trovava un gatto che miagolò insistentemente ma non soffrì. Dopo un certo numero di prove sempre più incoraggianti, i Montgolfier organizzarono la prima esibizione pubblica della loro scoperta, in concomitanza con una riunione dodicennale dei notabili della regione. Era il 4 giugno del 1783 (non il 5 giugno, come riportano numerosi testi, ma il giorno precedente, come testimonia un documento ufficiale originale trasmesso all'Accademia delle Scienze e proveniente dall'epistolario dei Montgolfier), quando, dinanzi a una folla di qualche centinaio di curiosi radunatasi davanti al Convento des Cordeliers, nella piazza principale della cittadina, un pallone sferico di 11 metri di diametro, gonfiato sopra un fuoco di paglia e lana e fabbricato con seta e carta, si innalzò fino a circa 180 metri di quota e, dopo aver percorso due chilometri in dieci minuti, ridiscese dolcemente al suolo, nonostante la pioggia. Per il gonfiaggio furono sufficienti due uomini, ma ce ne vollero otto per trattenerlo fino al momento in cui Joseph Montgolfier diede l'ordine di lasciarlo andare. Il fuoco produsse un gran fumo nero e un pessimo odore, ma dinanzi al risultato questi piccoli inconvenienti passarono quasi inosservati. Il pallone fu gonfiato con aria calda, raggiungendo così una temperatura interna di 87.5 °C. In nove minuti e mezzo la 'macchina' salì alla massima altezza per poi andare ad atterrare a oltre due chilometri di distanza, posandosi con dolcezza su una vigna<sup>8</sup>.

In conclusione, assodata la potenzialità del mezzo, i fratelli si cimentarono con un involucro di forma sferica di circa 800 m<sup>3</sup>, pesante un paio di quintali. Quattro teli uniti da alcune migliaia di bottoni e trattenuti da una rete da



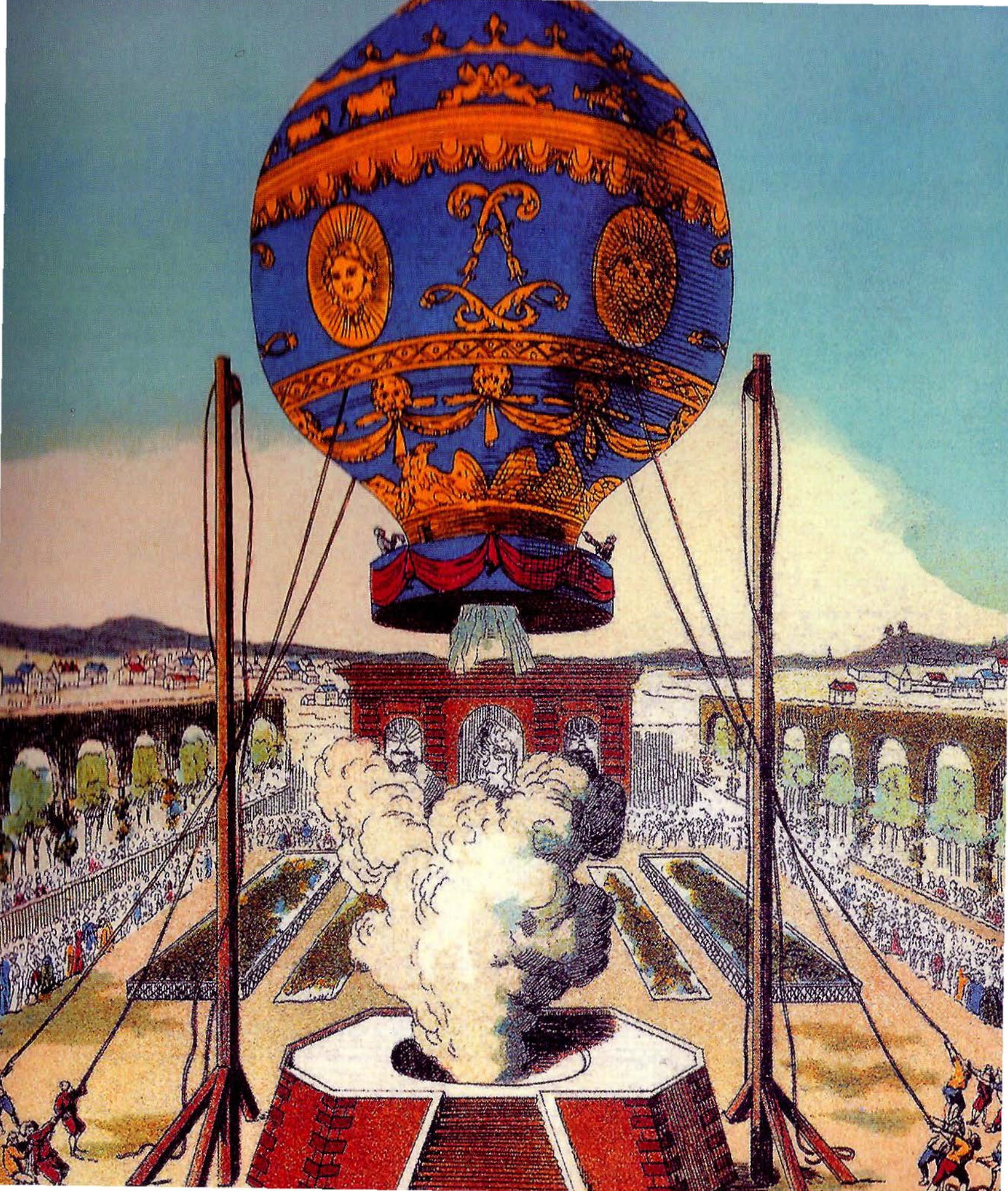
*Sopra: stampa tratta da un rivista inglese pubblicata nel 1784, relativa al primo esperimento di sollevamento di un pallone gonfiato con aria calda, ad opera dei fratelli Montgolfier, nel 1782.*

*A fianco: Annonay, 14 giugno 1783, una delle prime dimostrazioni pubbliche del volo di un pallone.*

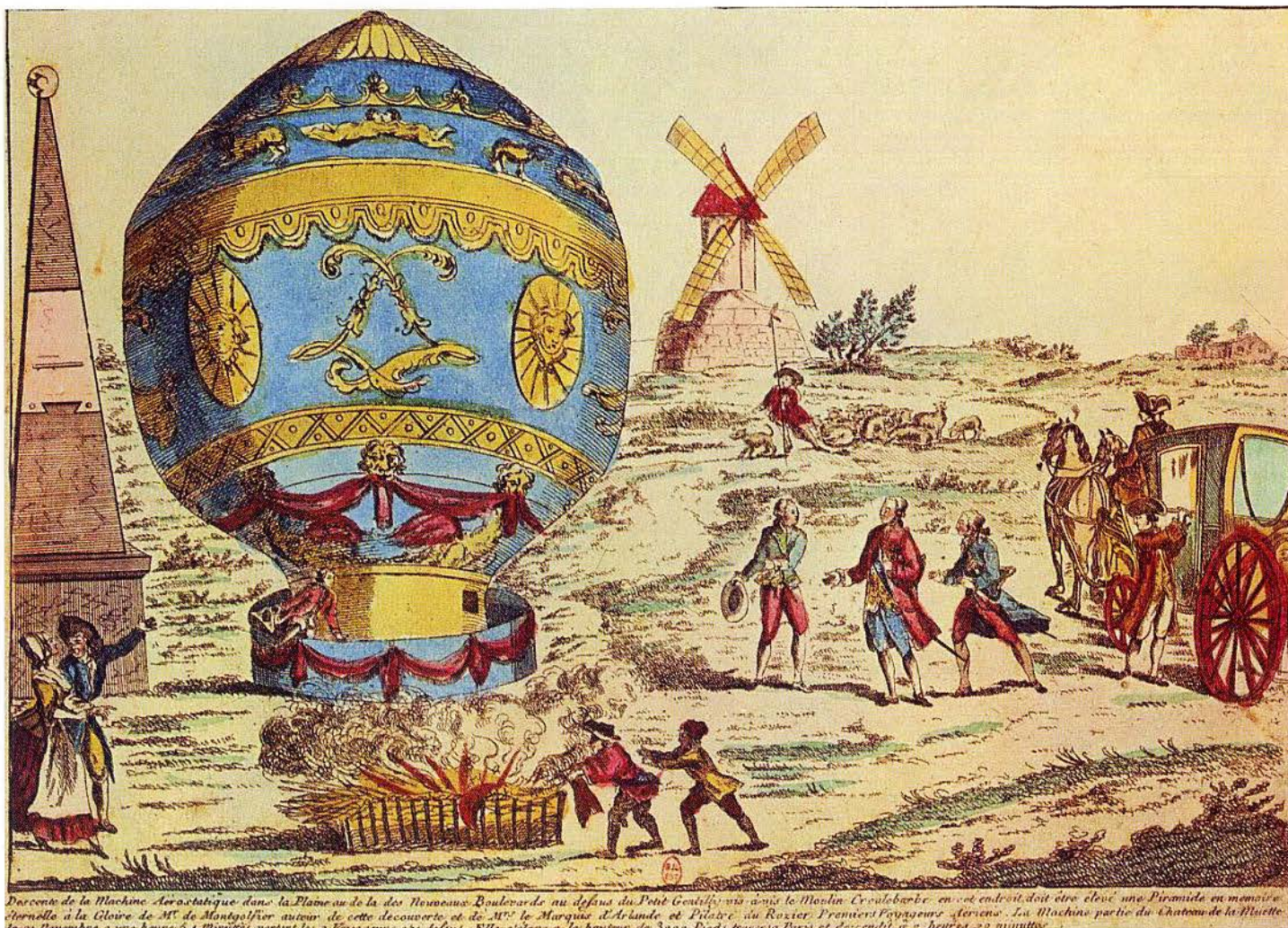
pescatore costituivano il grande pallone di circa 12 m di diametro che, alla presenza di un gruppo di osservatori sulla piazza di Annonay, si sollevò in aria il 14 giugno del 1783 raggiungendo la quota presunta di 1500-2000 m. Il primo sollevamento umano avvenne con un pallone di circa 1700 m<sup>3</sup> e il successivo 21 novembre con equipaggio di due uomini. A differenza delle precedenti ascensioni, nessuna fune tratteneva la navicella, per cui in circa mezz'ora fu coperto un percorso di quasi 9 km, a una quota media di un centinaio di metri, grazie a un leggero vento restando a un centinaio di metri di altezza. Il 24 giugno

<sup>8</sup> La citazione è tratta da M. MAJRANI, *Aerostati...*, cit.









*Descente de la Machine Aérostique dans la Plaine au de la des Nouveaux-Boulevards au dessus du Petit Genilly vers le Moulin Le Culbarte, en cet endroit doit être élevée une Pyramide en mémoire d'Arnould à la Gloire de M<sup>r</sup> de Montgolfier auteur de cette découverte, et de M<sup>r</sup> le Marquis d'Arlande et Pilote du Roisier, Premier Voyageur Aérostat. La Machine partie du Château de la Muette le 21 Novembre à une heure 5 4 Minutes portait les 2 Passagers, c'est à dire M<sup>r</sup> de Montgolfier et M<sup>r</sup> de Arlande. Elle s'éleva à la hauteur de 3000 Pieds traversa Paris et descendit à 2 heures 20 minutes.*

dell'anno seguente l'ascensione fu effettuata alla presenza del sovrano e della consorte e il volo, che si protrasse per quasi 45 minuti, si estese per 12 leghe, circa 48 km. Seguiranno sempre più frequenti ascensioni libere e vincolate, con aerostati in alcuni casi di straordinaria grandezza. Nel frattempo l'innalzamento del più leggero dell'aria guadagnava adepti anche in ambito militare, tant'è che appena un mese dopo, a bordo al pallone vi era già un maggiore di fanteria, esplicita conferma del coinvolgimento dei militari nella vicenda. Pochi giorni dopo ancora, si innalzava un pallone apparentemente simile ma riempito di idrogeno: la mongolfiera cedeva il passo all'aerostato, capace di prestazioni incomparabilmente superiori sia perché indipendente dalla temperatura del gas interno sia perché molto più leggero. Per gli aquiloni giganti significò l'abbandono degli esperimenti.

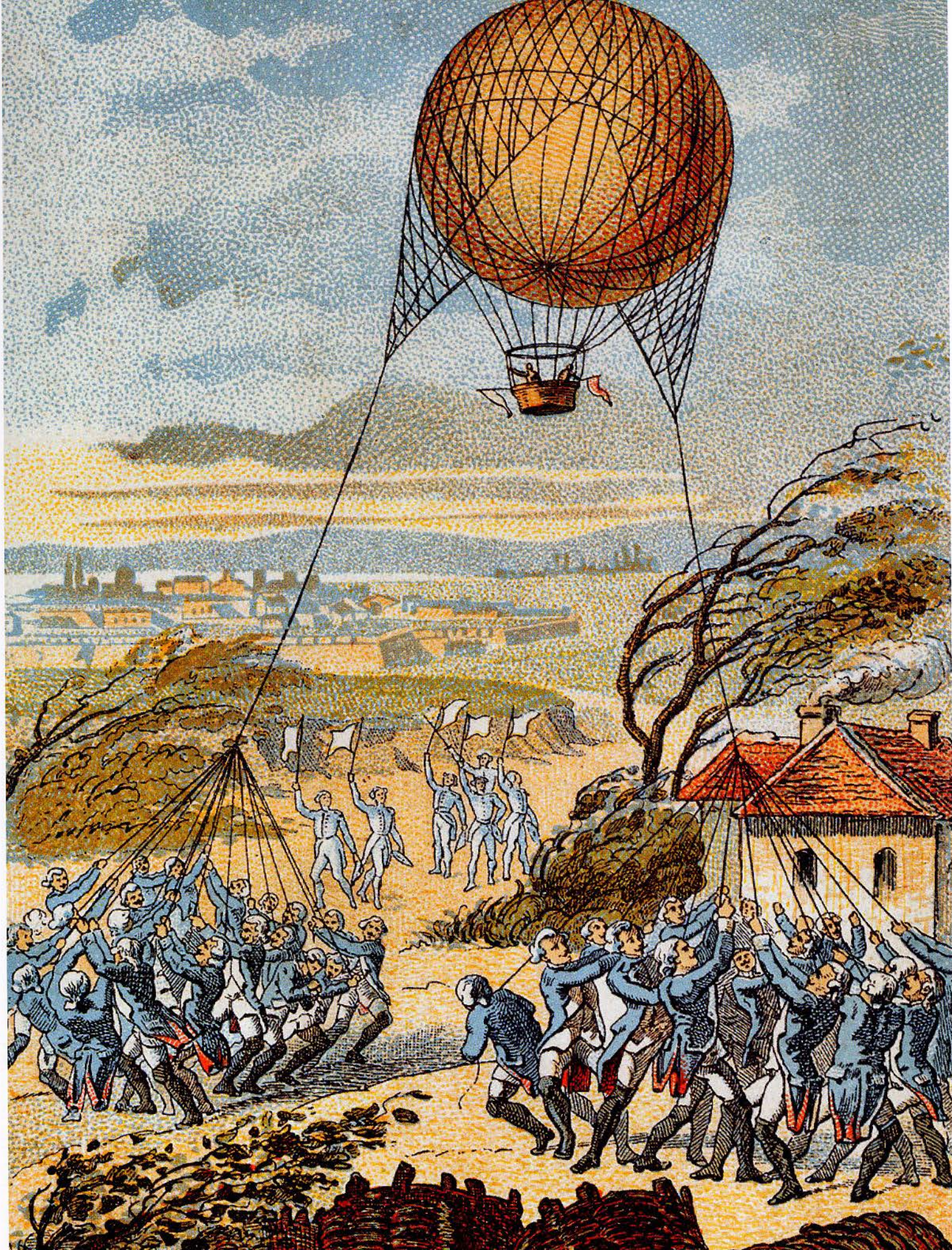
Appena 10 anni dopo, durante la battaglia di Fleurus, le forze rivoluzionarie francesi si avvalsero di un mongolfiera-

ra per osservare i movimenti del nemico. L'espedito fu ripetuto anche nella Guerra di Secessione americana, nel corso della quale si ebbe pure il primo impiego di truppe aviotrasportate formazione scaturita da un'idea di Thaddeus Lowe, rivelatasi efficace e, soprattutto, precorritrice. Nel corso della Grande Guerra si usarono ancora palloni frenati, definiti *palloni da osservazione*, come posti di elevati osservazione, dotandoli di telefono: ma per la loro immobilità rappresentavano un facile bersaglio per l'artiglieria nemica.

Definita tecnicamente *aerostato*, la mongolfiera per restare sollevata doveva riscaldare continuamente l'aria interna tramite un apposito braciere.

In alto: il primo sollevamento umano con pallone, 21 novembre 1783. Nella pagina a fianco: il primo utilizzo di un pallone frenato su un campo di battaglia. "Le Commandant Coutelle au siège de Mayence" (1795), Romanet & cie., Parigi 1890-1900.







L'aerostato ad aria calda non serviva a molto, al pari di un otre gonfio sull'acqua di uno stagno: per trasformarsi in una vera aeronave occorreva poterlo governare con degli organi propulsori e direzionali. Dopo una serie di patetici quanto improbabili traini volanti, immaginati con grandi uccelli aggiogati al posto dei cavalli, di assurde vele o di ridicoli remi aerei, si cambiò finalmente e decisamente strada. Tra la fine del '700 e la metà del secolo successivo, infatti, sebbene i progressi nel settore aerostatico fossero modestissimi, il tentativo di rendere quei goffi palloni qualcosa di più di semplici ascensori in balia del vento, e al contempo di contenere le perdite umane via via crescenti, spinse a studiare, elaborare, perfezionare e quindi adottare soluzioni che resteranno basilari nell'aviazione, anche quando mongolfiere, aerostati e dirigibili saranno ormai solo un romantico ricordo. Promesse che diverranno presto altrettante premesse per la nascente aviazione, prime fra tutte l'elica e il paracadute, quindi il razzo e non ultimi dei precipui impieghi del volo mai più dismessi, come la ricognizione ed il rilevamento fotogrammetrico. Queste i relativi esordi, non di rado lontanissimi dalle rispettive connotazioni aeree a noi più familiari.

Sul finire del XVIII secolo, infatti, si realizzò che, se il moto dell'aria poteva far girare un'elica di mulino, questa a sua volta girando poteva far muovere l'aria! Per la rilevanza che l'elica rivestirà nella propulsione aerea è giustificata una digressione a partire dal ruolo inventivo che ebbe il celebre Archita di Taranto, per quanto se ne sa nato a Taranto intorno al 430 a.C. e perciò quasi coetaneo di Platone nato nel 428. Frequentò la scuola pitagorica, forse come discepolo di Filolao, e percorse una brillante carriera sia scientifica che politico-militare.<sup>9</sup> Per ben sette volte fu stratega di Taranto, come dire massimo esponente politico e militare di una delle maggiori talassocrazie dell'antichità, dovunque temuta e rispettata. Ma fu anche un accorto studioso che compose diversi trattati sulle sue approfondite ricerche di fisica e meccanica applicata. Di essi, purtroppo, quasi nulla ci è pervenuto direttamente e quello che sappiamo va ascritto alle innumerevoli citazioni posteriori e alle tante presumibili estrapolazioni come

<sup>9</sup> Per approfondimenti sulla figura di Archita cfr. C. DEL GRANDE, *Archita e i suoi tempi*, Taranto 1955; A. OLIVIERI, *Su Archita tarantino*, memoria letta all'Accademia Pontaniana il 14 giugno 1914; A. TAGLIENTE, *La colomba di Archita*, Taranto 2011.



famosissima quella sulla sua colomba volante che così è menzionata da Aulo Gellio:

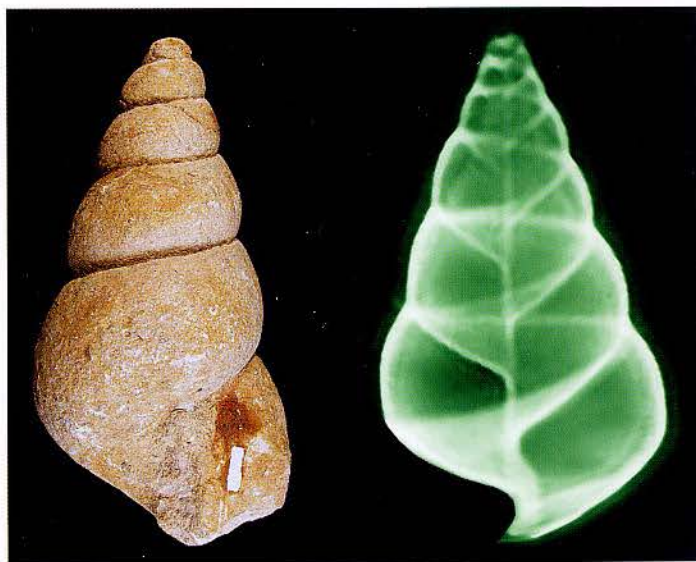
*Non soltanto parecchi autori greci di chiara fama ma persino il filosofo Favorino, meticoloso studioso dell'antichità, testimonia con assoluta certezza che Archita costruì secondo alcune regole di ingegneria un oggetto a forma di colomba e questa colomba volò. È evidente che essa era equilibrata perfettamente grazie a contrappesi e nascondeva al suo interno la ragione del fiotto d'aria che le consentiva il volo... [ma] una volta a terra la colomba non si sollevava più"<sup>10</sup>*

<sup>10</sup> AULO GELLIO, *Le notti attiche*, a cura di L. RUSCA, Milano 1969 cap. 12, p. 279.



Ad Archita vennero perciò attribuite numerose invenzioni, tra le quali la puleggia, l'aquilone, la vite e, non ultima, la ricordata colomba volante che stupì l'intera antichità e che tutto lascia pensare si trattasse di una vescica piena d'aria in grado di muoversi per reazione fino al suo esaurimento. Al di là dei giocattoli capaci di sollevarsi nell'aria, tanto la puleggia che la vite andavano ad arricchire l'insieme della catene cinematiche che, proprio in quello scorcio storico, iniziavano a definirsi compiutamente. Un ruolo del tutto speciale merita la vite e la madre vite, le quali nei venti secoli seguenti vennero usate solo accidentalmente in funzione di organi di accoppiamento meccanico, meglio noti come perno e dado, onnipresenti nella nostra civiltà. Costituirono, invece, un sistema di trasmissione del moto e, soprattutto, di moltiplicazione e trasferimento della forza. A questo punto la vera curiosità ruota intorno alla genesi di tale invenzione, di certo fra le più importanti dell'umanità per le infinite applicazioni. Se, infatti, alle spalle della puleggia è agevole ravvisare il suggerimento fornito da un rozzo albero di legno cilindrico, usurato centralmente dall'attrito di una fune, da cosa Archita poté trarre spunto per la vite e la madre vite? Macchine tanto elementari, ed al contempo tanto complesse da concepire e realizzare, non furono certamente cooptate da oggetti casualmente formati o assemblatisi accidentalmente. Stando alla tradizione, e sarebbe meglio dire forse alla leggenda, peraltro abbastanza plausibile, gli antichi copiarono molte delle loro invenzioni direttamente dalla natura. Non manca, tuttavia, una interpretazione alternativa che ritiene inverso il rapporto natura-invenzione: in altre parole l'identificazione dell'archetipo animale avvenne dopo la realizzazione tecnica, per manifesta somiglianza. Tanto per esemplificare, la macchina per sollevamento assunse il nome di gru solo dopo che se ne ravvisò la somiglianza formale con il curioso uccello. Paradossalmente, nel caso della coclea, sono possibili entrambe le situazioni: in quanto vite per cinematismo Archita la derivò da un gasteropode, quasi certamente marino, e in quanto coclea per pompa idrovora Archimede la definì col nome del mollusco terrestre a cui somigliava! Ed è forse questa doppia elaborazione che spiega il perché del dissolversi del ruolo preminente del più antico inventore al quale invece deve attribuirsi la vera paternità, tanto più che in origine il congegno implicava anche la *madre-vita*, che è assente in Archimede. Ora se la lumaca od un qualsiasi gasteropode marino ostentano una conchiglia che ricorda più o meno una vite, nessuno ha mai visto aggirarsi in natura un qualsiasi essere vivente a forma di vite e madre vite!

L'osservazione, non priva di una sua comica evidenza, non è però affatto corretta: chiunque si sia cibato di un ga-

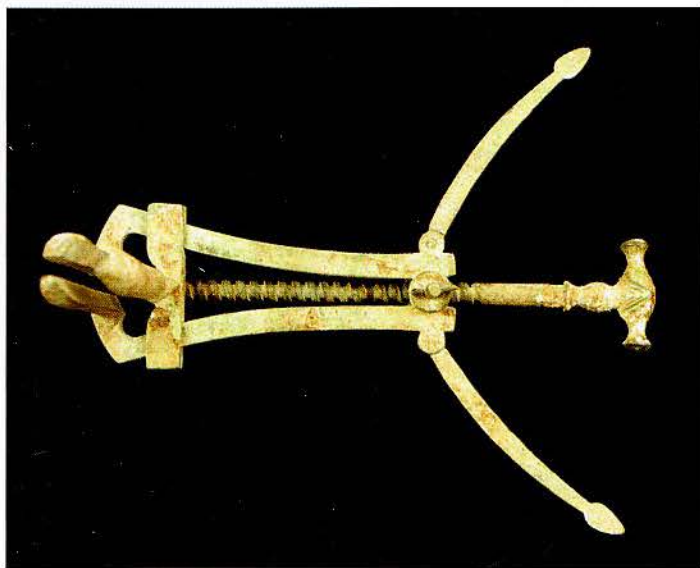


steropode marino, per tutti un gustoso murice, avrà facilmente osservato che estraendo dopo la cottura il mollusco dalla sua conchiglia, la parte carnosa sembra svitarsi avendo una forma spiralata. In altri termini il corpo dell'animale si comporta come la vite nella madre vite, che è rappresentata dalla conchiglia stessa! Da tale osservazione alla riproduzione del congegno il passo, se non breve, non è però impossibile! Nessuna meraviglia allora che, sperimentandosi la resistenza per estrarre il mollusco dalla sua conchiglia, il sistema venne inizialmente impiegato per esercitare sforzi notevoli, come ad esempio nel torchio agricolo. E questa dovette essere la vera invenzione di Archita.

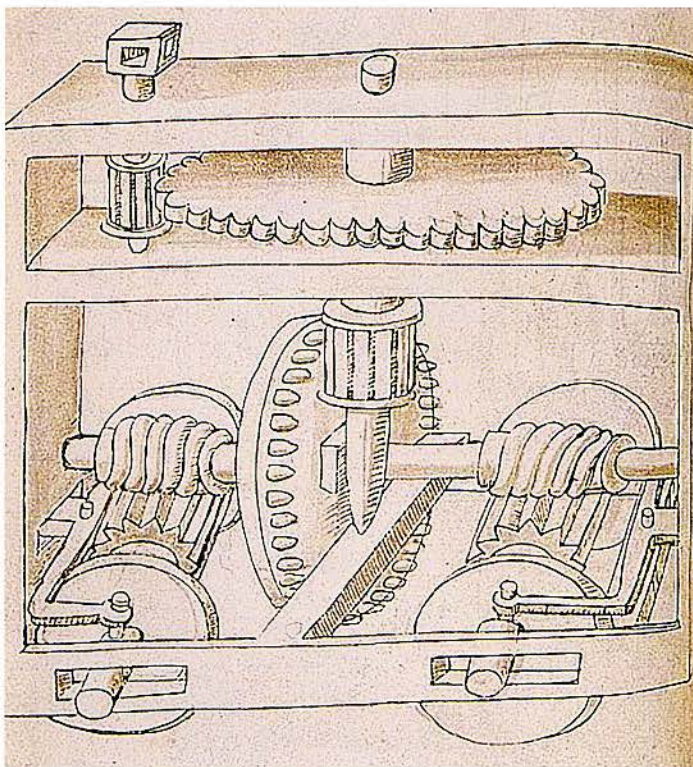
Anche trascurando l'elaborazione apportata da Archimede all'invenzione di Archita, le derivazioni iniziarono rapidamente a moltiplicarsi differenziandosi per grandezza ed applicazioni. Per la maggior parte la vite era un sistema di trasmissione e demoltiplicazione del moto, onde ottenere una esaltazione della forza applicata. In pratica una diretta antenata del nostro *crick* o martinetto. Tra le più singolari ricordiamo alcuni strumenti chirurgici ritrovati a Pompei ed Ercolano, per lo più dei divaricatori, come pure delle presse per le folloniche, o dei torchi per trappeti. E sempre più spesso la vite che ne garantiva il funzionamento veniva chiamata con il nome di *elica* dalla conchiglia del mollusco a cui la tradizione l'attribuiva *elìxe-ελίκη* - letteralmente *guscio di lumaca*! Allo scadere del Medioevo anche per l'*elica* si aprirono nuove prospettive d'impiego. In particolare, assodato che spostare la trave di un torchio

Nella pagina a fianco: stampa tratta da una rivista della fine del XIX sec., raffigurante Archita che lancia la colomba volante.  
In alto: un mollusco con a fianco la radiografia.





mediante la rotazione di una vite era pur sempre un movimento, sarebbe stato possibile nella medesima maniera far avanzare o indietreggiare un carro, agendo sulle ruote. L'idea fu espressa compiutamente da Francesco di Giorgio Martini e, quindi, dallo stesso Leonardo. Di per sé non può ritenersi una assoluta novità, giocandosi già da alcuni secoli intorno a quel medesimo sistema: lo fu se mai per la sua corretta formulazione. In ogni caso si trattò del debutto della vite nell'ambito dei trasporti: di strada ne restava



ancora parecchia da compiere ma la direzione era ricca di promesse! Fu proprio Leonardo a vagliare l'impiego della vite come organo propulsivo diretto, senza alcun ulteriore organo meccanico di presa.

Il concetto non era particolarmente astruso, essendo ben noto lo spostamento di una vite rotante rispetto alla sua madrevite fissa. Se il suo verme fosse stato sufficientemente ampio la madrevite avrebbe potuto essere l'acqua o l'aria in cui era immersa, determinando perciò lo spostamento al suo girare. Nell'aria, per la verità, qualcosa di simile si era già da secoli sviluppato: nei mulini a vento, sebbene nessuno fosse in grado di comprenderlo. Le loro pale inclinate corrispondevano ad altrettante settori di una vite che il vento poneva in rotazione. Anche Leonardo inizialmente non dovette rendersi conto di tale equivalenza, tuttavia, come accennato, schizzò un singolare girarrosto in cui la rotazione dello spiedo era prodotta da un'elica a quattro pale ad asse verticale, collocata all'interno del condotto fumario e fatta girare dalla corrente d'aria calda. La somiglianza con una sezione di vite si faceva stringente, ma il passo successivo l'accentuò vistosamente.

Forse volutamente, forse incidentalmente, Leonardo dovette notare che la suddetta ventola, cadendo, girava grazie alla la resistenza dell'aria. Girava allo stesso modo, per la stessa ragione e anche più velocemente, una leggera spirale a forma di vite ad ampio verme. Classico gioco con la buccia di un arancio: asportata a spirale, collocata con il polo su di una punta posta su di una superficie calda, questa prende a girare! Logico dedurne che ponendole in rotazione entrambe, la seconda meglio della prima, si sarebbero avvitate nell'aria ascendendo. Dall'osservazione scaturì la celebre vite aerea che ognuno può scorgere tra le sue mani nella grande statua dell'aeroporto di Fiumicino. La soluzione della vite, pur rappresentando un passo indietro rispetto alla ventola a quattro pale, lascia concludere che ormai il concetto di avvitaimento in un fluido era stato maturato e che prima o poi avrebbe determinato delle conseguenze. Intorno alla metà del XVIII secolo, infatti, quando si iniziò a trafficare con le mongolfiere e si tentava in qualsiasi modo di dirigerne gli spostamenti trasformandole in dirigibili, la famosa elica tornò alla ribalta.

In alto: divoricatore di epoca romana che utilizza la vite senza fine.  
A fianco: veicolo semovente con trasmissione a vite senza fine, da un codice di Francesco di Giorgio Martini.  
Nella pagina a fianco: la vite aerea di Leonardo da Vinci, Manoscritto B, f. 83 v.

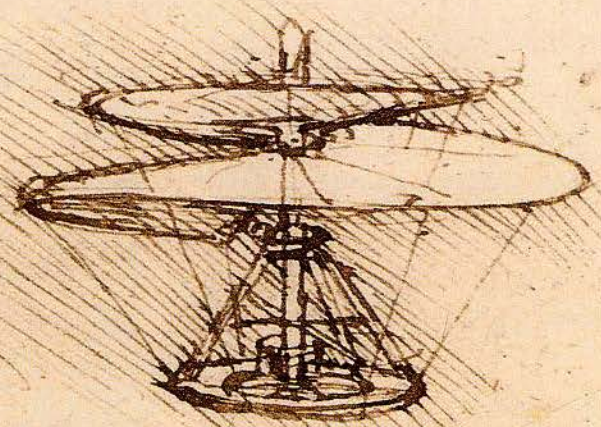


Handwritten text at the top of the page, likely a title or header.



Two lines of handwritten text in a cursive script, positioned below the first drawing.

Handwritten text on the left side of the page, adjacent to the second drawing.



A block of handwritten text in a cursive script, located below the second drawing.

Handwritten text at the bottom of the page, continuing the script from the previous block.

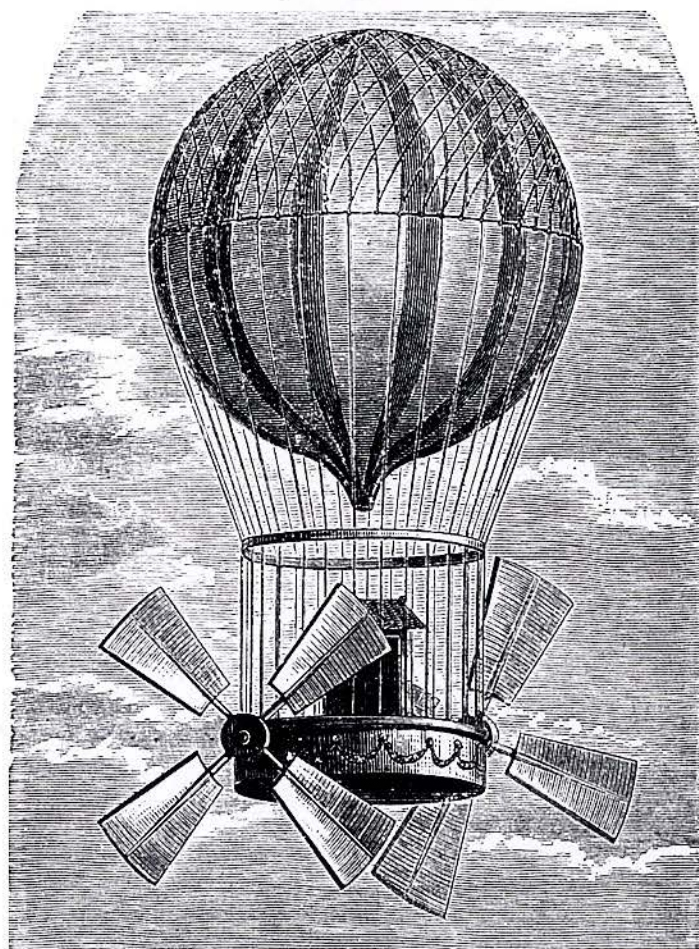
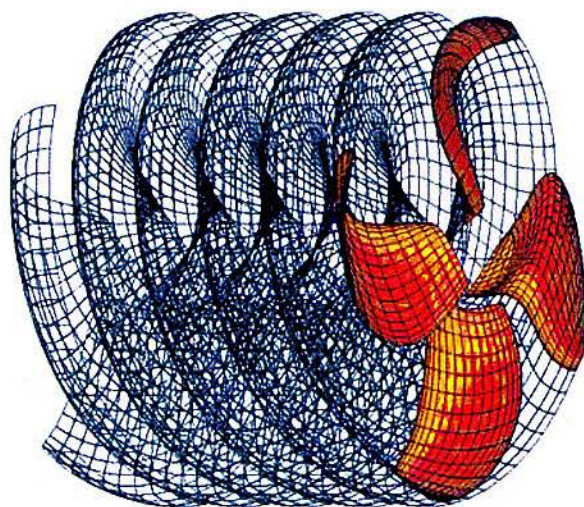


## Gira l'elica

Molto più grande del suo lontano archetipo, l'elica aerea ricomparve nel 1784 ad opera di un francese di nome Vallet: girava azionata a mano e paradossalmente serviva, o per meglio dire avrebbe dovuto servire, a spingere un battello. Nello stesso anno Jean-Pierre Blanchard adattò l'elica per primo ad un mezzo aereo, un aerostato, e lo chiamò *Moulinet*, il che lascia motivatamente propendere per la supposizione suggerita dalle stampe dell'epoca che si trattasse piuttosto di una girante di mulino eolico che di un'elica propriamente detta: del resto l'elica, anche per impiego navale, era ancora da venire. La mancanza di una idonea forza motrice impedì la costruzione realizzazione del *Moulinet* ma non scoraggiò i suoi inventori e i loro numerosi emuli, che continuarono ad applicare eliche ai palloni con esiti sempre risibili, quando non con tragici epiloghi sempre più frequenti, che determinò lo studio di un vero paracadute individuale. Nel 1785 Blanchard munì un altro pallone di eliche, governali e remi ed insieme a un suo amico inglese attraversò la Manica, anche a costo di gettare tutta la zavorra e persino gli effetti personali per alleggerire il pallone. Ovviamente fu il vento costante a produrre il felice esito, rivelandosi del tutto inutili remi e governali. Di eliche, sempre azionate a mano, si tornò a parlare nel 1793, quando Jean Baptiste Marie Meusnier (1754-1793) progettò un embrionale dirigibile mosso da tre eliche, che lui definì *rames tournant*, remi ruotanti, concetto che ben si atteggiava ad una ventola.

La sua mongolfiera di 18 m di lunghezza per 12 di diametro, che per la sua forma allungata anticipa i futuri dirigibili, venne dotata di un dispositivo di regolazione della quota di volo. Per la stessa il Meusnier, che di lì a breve sarebbe morto col grado di generale della Repubblica all'assedio di Magonza del 1793, progettò, come accennato, l'impiego di tre grosse eliche, sebbene il vero problema, al di là dell'organo di propulsione, restasse il propulsore. Da quelle sue idee, infatti, aveva elaborato due progetti di aerostati aventi la forma di un ellissoide allungato, entrambi i quali potevano scendere a terra e la stessa navicella era stata costruita in maniera di poter servire da imbarcazione per la navigazione nel caso in cui si fosse stati costretti ad un ammaraggio. Per fornire al pallone un movimento autonomo rispetto ai venti Meusnier si sarebbe avvalso di remi a forma di eliche che l'equipaggio avrebbe posto in rotazione.

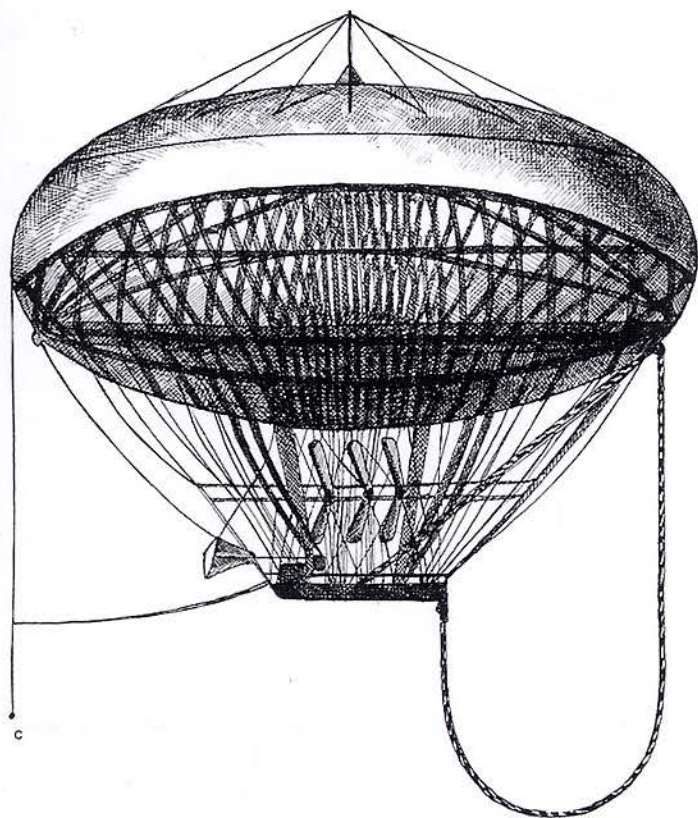
Dunque è a Meusnier che spetta l'onore di aver applicato l'elica alla navigazione aerea sebbene vada ricordato



In alto: schema di funzionamento di un'elica in acqua.

Sopra: l'aerostato *Compte d'Artois* di Alban e Vallet munito di eliche. Nella pagina a fianco: in alto a sinistra, l'aerostato quasi dirigibile di Jean Baptiste Marie Meusnier; in alto a destra, schema di battello con l'elica progettata da Charles Dallery; in basso, il dirigibile del Giffard in una stampa della seconda metà del XIX sec.



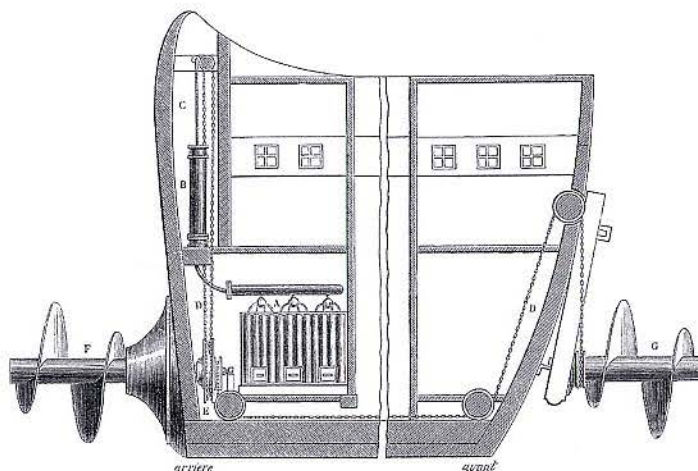


che già nel 1772, un americano, Bushnell, l'aveva usata in una prova di un battello sottomarino. Nella mente del Meusnier il primo e il più grande dei due progetti concepiti consisteva nel costruire un pallone aerostatico in grado di andare intorno alla Terra, sotto i più diversi climi. Doveva trasportare 24 uomini di equipaggio e 6 di stato maggiore, con viveri per 60 giorni. Sono stati previsti in maniera dettagliata le manovre e le minime attrezzature necessarie<sup>11</sup>.

### *L'idrogeno sostituisce l'aria calda*

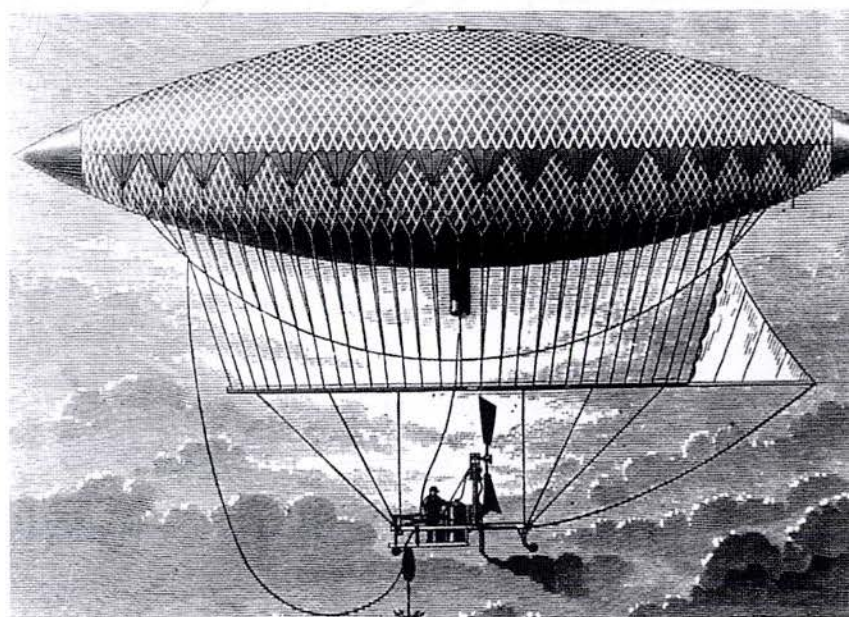
Le eliche suddette, molto simili a delle giranti di mulino a vento, avrebbero dovuto essere fatte ruotare a mano per cui, quando il relativo progetto venne presentato all'Accademia delle Scienze, lo sconsolato commento fu dove si sarebbe trovata la forza motrice necessaria! Alla medesima Accademia, circa quaranta anni prima, nel 1753, Daniel Bernoulli aveva presentato uno studio su una antesigna-

<sup>11</sup> Da *Notice historique sur le membre de l'ancienne académie des sciences, lue dans la séance publique* 20 dicembre 1909 p. XVII.



na elica da adottare per la propulsione navale, restata anch'essa inutilizzata per analoga deficienza. Con l'avvento della macchina a vapore navale, il francese Charles Dallery ne brevettò nel 1803 una curiosa variante che ricordava notevolmente una vite a tre spire<sup>12</sup>. In pratica, però, bisogna attendere il 1807 per veder navigare sul mare il primo battello a vapore, il *Poenix* spinto da un'elica propriamente detta, divenuta d'impiego corrente sulle navi da guerra a partire dal 1839. Sul finire del 1852 un certo Giffard, dando prova di incommensurabile incoscienza, si sollevò nel cielo di Parigi in una navicella, appesa ad una vescica lunga 44 m e larga 12, piena di idrogeno, sorreggente a

<sup>12</sup> Sull'invenzione dell'elica propulsiva cfr. L. FIGUIER, *Les Merveilles de la science ou description des inventions modernes*, Paris 1867-69. pp. 237-261.





sua volta un rudimentale motore a vapore. Questo a fronte dei suoi 150 kg erogava una potenza di 3 hp, ponendo in rotazione un'elica a due pale di oltre un paio di metri di diametro. L'insieme avrebbe dovuto navigare liberamente, prestazione che invece un leggero vento frustrò senza pietà, allora come di lì a tre anni!

La concezione tuttavia era esatta, tant'è che meno di trent'anni dopo un altro dirigibile, dimostrò di essere realmente tale sotto la spinta impartitagli da un'elica mossa da un motore elettrico di appena 9 hp. Quella rozza macchina volante, che stentatamente obbediva ai comandi, era comunque il frutto della stessa ispirazione: l'elica a quel punto si era definitivamente imposta nella navigazione aerea, impiego che ancora non ha dimesso.

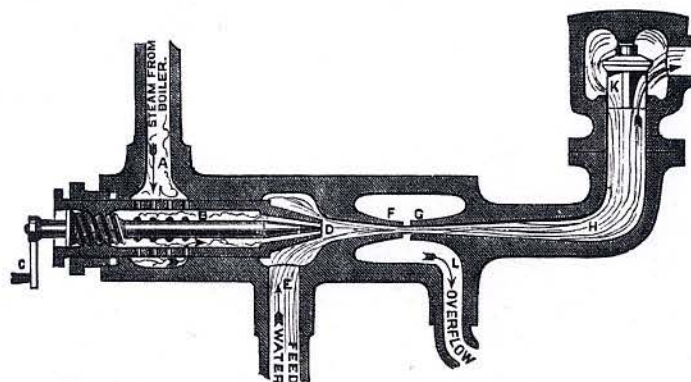
### Dirigibile a vapore

L'ingegner Henri Giffard nelle sua carriera di tecnico aveva affrontato e risolto, a proposito della macchina a vapore per impiego aeronautico, il problema del riscaldamento dell'acqua nella caldaia, inventando una caldaia rapida, praticamente istantanea. Il cuore dello stesso era il cosiddetto *iniettore* che permetteva all'acqua fredda di entrare in contatto con il vapore in piccole quantità, quelle strettamente necessarie al funzionamento dello stantuffo. In pratica non occorre attendere che tutta l'acqua del serbatoio giungesse a vaporizzazione, come nelle locomotive, ma soltanto una sua minima frazione quella appunto necessaria ad un singolo ciclo per volta. Il che rendeva istantaneo il riscaldamento e la produzione, per cui il motore poteva prendere a girare quasi come un normale motore a scoppio. Tale dispositivo, noto anche come *flash boiler*, garantì al suo inventore un immenso profitto, venendo ancora largamente impiegato, oltre mezzo secolo dopo, anche sulle locomotive ed in autotrazione, nelle prime automobili a vapore le cui prestazioni, avviamento prima di tutto, non differivano gran che dalle coeve a benzina o a gasolio. Volendo fornire una descrizione meno tecnica della caldaia istantanea la si può immaginare come gli attuali scaldabagni istantanei a gas in cui il flusso dell'acqua, suddiviso in tanti piccoli tubi circondati dalla fiamma del bruciatore, si riscalda subito. La produzione di acqua calda avviene perciò continuamente senza limite di quantità e non preventivamente in quantità prestabilita, tendente rapidamente ad esaurirsi e ad abbassare la sua temperatura con l'immissione di altra acqua, come avviene invece nei normali scaldabagni a caldaia.

Il dirigibile del Giffard, di tipo *floscio* ovvero senza alcuna intelaiatura interna, era lungo circa 44 m, per un diametro massimo d'una dozzina, con volume complessivo di mc 2.500, e montava una macchina a vapore a caldaia verticale capace di erogare 2kw pari a circa 3 hp, con un peso di circa 150 kg, praticamente 50 kg a cavallo,<sup>13</sup> potenza assolutamente risibile dal nostro punto di vista ma all'epoca affatto trascurabile, per una velocità massima di circa 9 km/h. Costava di un unico cilindro ed era stata costruita su progetto dello stesso Giffard. La propulsione era ottenuta tramite un'elica di 3.3 m di diametro a quattro pale, mentre un grosso timone, una sorta di vela, se ne governava la direzione. Dal punto di vista strutturale l'involucro del gas sorreggeva tramite una rete, definita *gualdrappa*, una sorta di albero sottostante orizzontale, terminante con la vela del timone. Dall'albero diverse corde sorreggevano la navicella o *gondola* dove stava alloggiato il motore e, nella fattispecie anche il pilota, mantenendolo così a discreta distanza dall'involucro, e due funi azionavano, come una coppia di grosse briglie, il timone. Bisogna però attendere il 1884, per rintracciare il primo dirigibile capace non solo di andare ma anche di tornare al punto esatto di partenza.

Il 24 settembre del 1852 Giffard salpò l'ancora dall'ippodromo di Parigi e dopo un percorso di quasi 27 km, compiuto in circa 3 ore alla velocità media di 7 km/h, la gettò a Trappes. Nel corso del volo fece compiere alla sua aeronave una serie di evoluzioni e giri, dimostrandone così la perfetta manovrabilità.

<sup>13</sup> Per approfondimenti cfr P. MAGIONAMI, *Quei temerari sulle macchine volanti*, Milano 2010, 196-99.



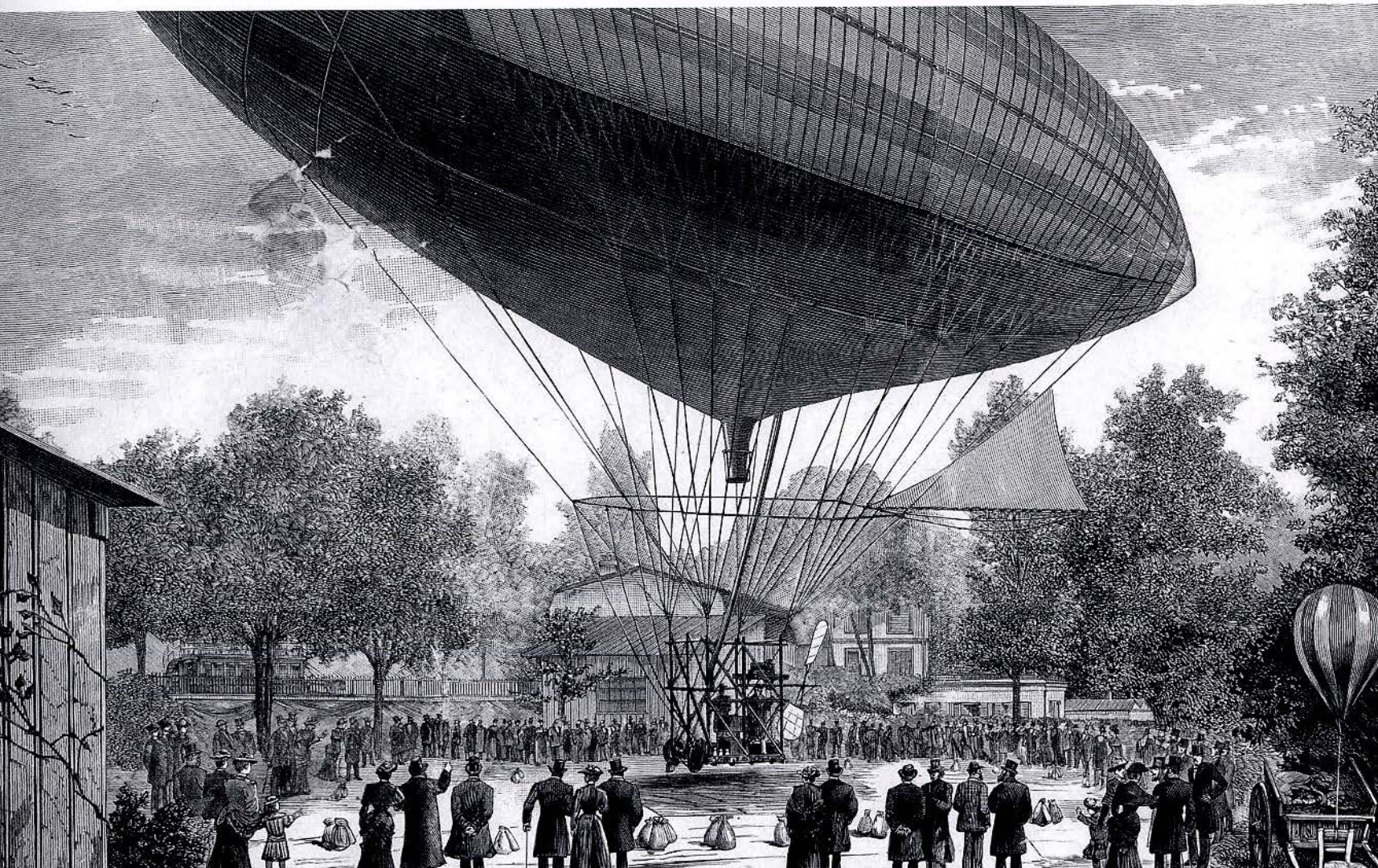
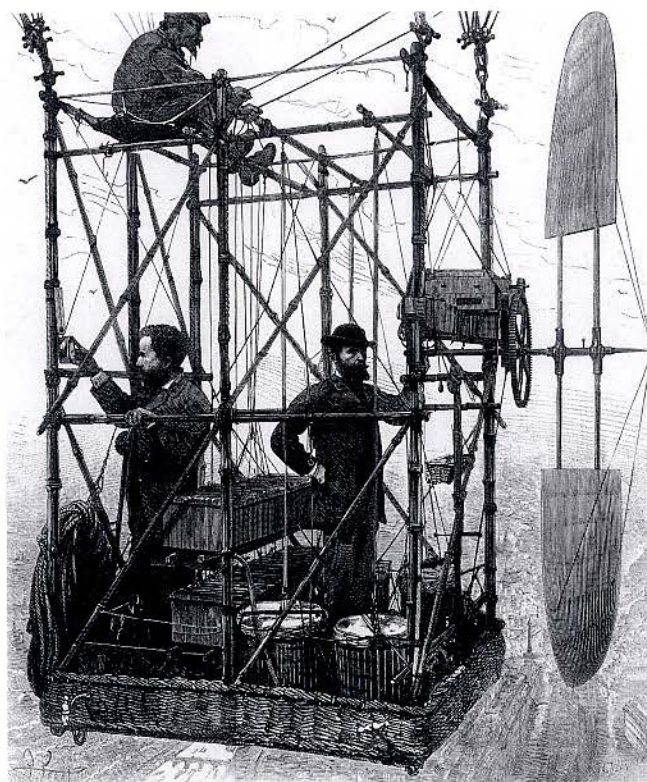
Sopra: schema di funzionamento dell'iniettore del Giffard. Nella pagina a fianco: i fratelli Tissandier alla prova del loro dirigibile. Nell'illustrazione in alto, sono a bordo della navicella.



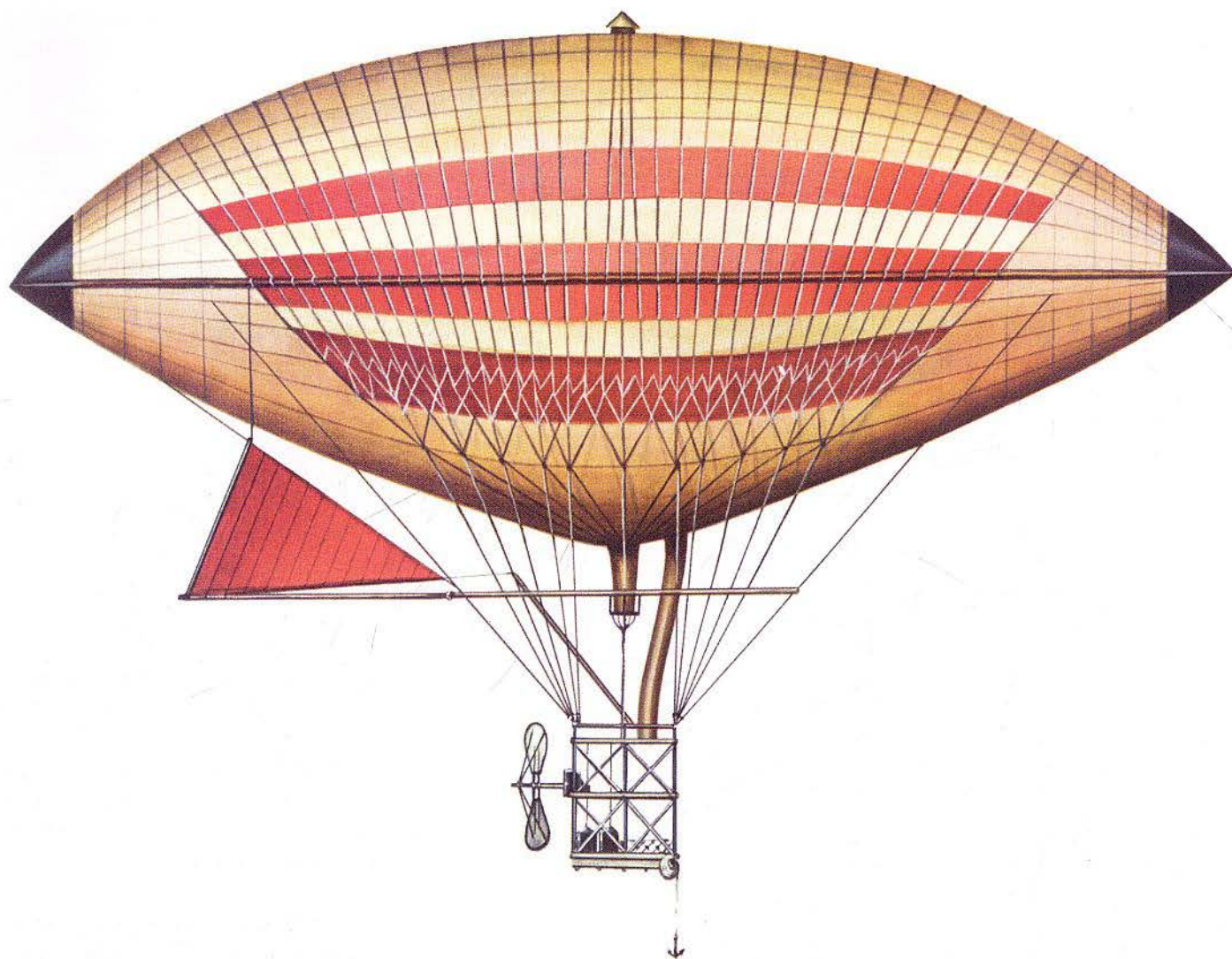
### *Il dirigibile diviene tale realmente*

In precedenza, parlando del dirigibile di Giffard, si è ricordato che, nonostante le sue diverse evoluzioni, bisogna attendere il 1884 affinché un dirigibile dimostri di essere tale realmente, tornando al punto di partenza dopo un percorso abbastanza lungo e articolato. A farsi protagonista di quella memorabile impresa furono i fratelli Albert e Gaston Tissandier,<sup>14</sup> con una loro macchina mossa da un motore elettrico. Per l'esattezza già l'8 ottobre 1883 avevano fatto volare un dirigibile a propulsione elettrica, ma la potenza di appena 1.5 hp del motore costruito dalla Siemens fu alla base dell'insuccesso. Azionato da pile ai bicromati alcalini pesava 45 kg ed erogava quella scarsissima potenza destinata a far girare un'elica del diametro di m 2.80 a 180 giri al minuti. Il vento che soffiava a 3 m/sec, ovvero a poco più di 10 km/h frustrò la navigazione ponendo fine al tentativo.

<sup>14</sup> Sulle conoscenze in merito ai palloni dirigibile cfr. G. TISSANDIER, *Histoire des Ballon e des Aëronautes célèbres*, Paris 1887-1890.



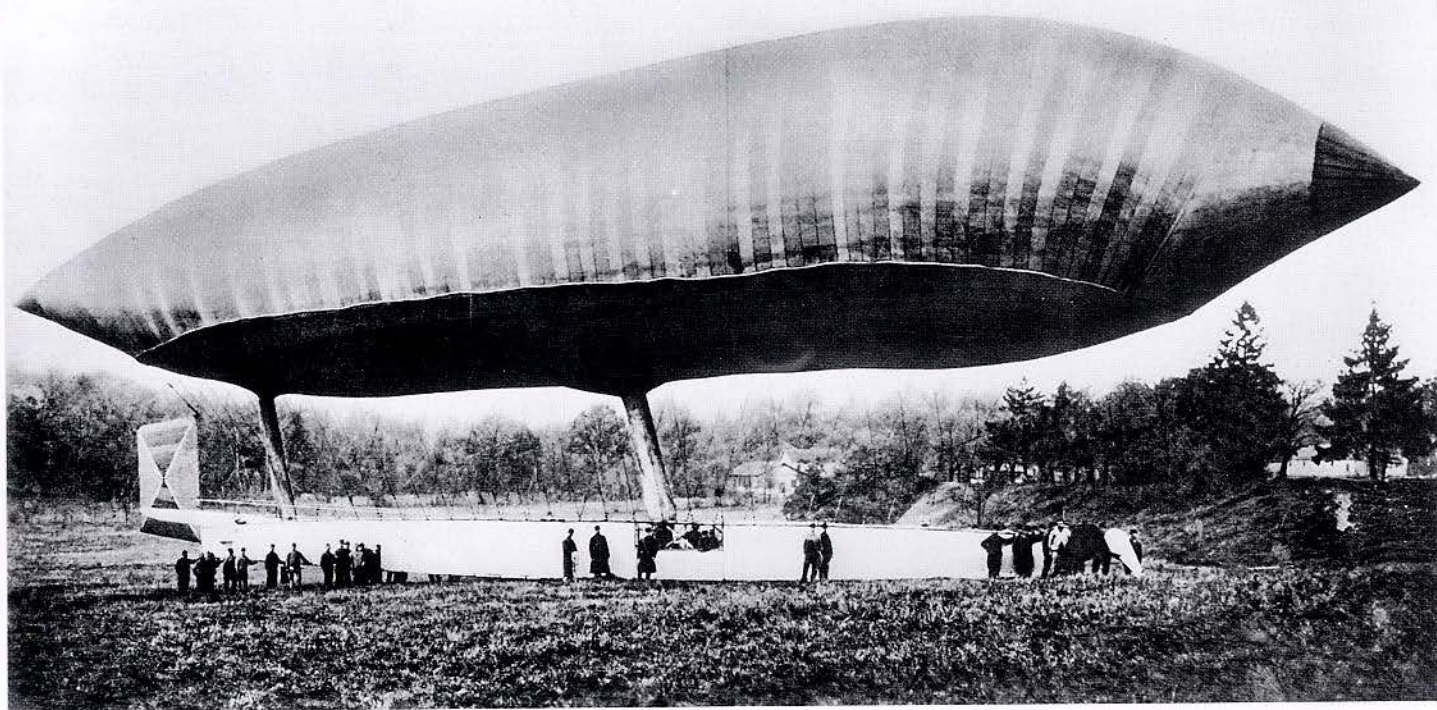




Non vi fu dubbio che bisognava incrementare la potenza del motore. Con il nuovo tentativo la potenza fu portata ad 9 hp, con un peso di circa un quintale azionato da batterie leggerissime progettate da Charles Renard. La costruzione della nuova aeronave ebbe inizio nel 1883 e ostentava dimensioni rilevante. Lunga oltre 50 m con un diametro massimo di 8.40, portava sospesa sotto una lunghissima navicella, quasi 33 m per 1.4 di diametro- una sorta di gigantesco siluro- all'interno della quale stava il motore, le batterie e l'equipaggio, mentre dall'estremità anteriore usciva l'asse dell'elica del diametro di ben 7 m. Il dirigibile battezzato *la France*, questa volta non solo volò ma obbedì docile ai comandi: il 9 agosto del 1884 decollò dall'aerostazione di Meudon e dopo un percorso ad 8 di 5 miglia, durato circa 8 minuti, vi tornò per l'atterraggio. Di quell'epica impresa ci resta un suggestivo rapporto, redatto da uno dei protagonisti, il cap. Renard che così scrisse:

*“avevamo poca ambizione e volevamo soltanto fare un'escursione chiusa di qualche chilometro. Benché non avessimo osato impiegare quel giorno tutta la nostra forza motrice, il risultato superò le nostre speranze. Quando raggiungemmo l'altezza dei costoni boscosi che circondano il vallone di Chalais, mettemmo l'elica in movimento e avemmo la soddisfazione di vedere il pallone obbedire immediatamente e seguire facilmente tutte le indicazioni del timone. Sentimmo che eravamo assolutamente padroni dei nostri propri movimenti e che potevamo attraversare l'atmosfera in qualsiasi direzione così facilmente come un battello a vapore potrebbe fare le sue evoluzioni su un lago calmo. Dopo aver compiuto il nostro scopo, abbiamo girato la nostra prua verso il punto di partenza, e abbiamo presto visto che ci si avvicina. Il parco di Chalais è passato di nuovo, e il nostro punto di atterraggio è apparso ai nostri piedi cir-*





*ca 1,00 metri sotto il dirigibile.. La velocità è stata quindi rallentata, e con un tiro della valvola di sicurezza si avviò la discesa, durante la quale, ci si aiutò per mezzo dell' elica e del timone. Il dirigibile è stato mantenuto perpendicolarmente sul punto in cui i nostri assistenti ci hanno atteso. Tutto è avvenuto secondo il nostro piano, e la macchina fu presto ancorata tranquillamente sul prato da cui eravamo partiti".<sup>15</sup>*

Quel giorno, per la verità, non soffiava un alito di vento e la prova dimostrò soltanto la correttezza dell'idea ma non certo la validità del mezzo che, con i suoi 9 hp, poteva sperare soltanto di navigare con calma quasi assoluta. In ogni caso con il motore elettrico inizia l'era della navigazione aerea propriamente detta.

### *Fine del dirigibile a idrogeno*

La forza ascensionale ottenuta nei palloni con l'aria calda era molto modesta, di appena 300 g per mc, contro i

1100 g che invece forniva l'idrogeno, per cui ben presto si optò per il suo impiego, protrattosi da allora per quasi un secolo e mezzo e trasferito pure ai dirigibili fino alla tragedia dell'*Hindenburg*, così descritta:

*"È il più grande modello di dirigibile mai costruito fino a quel momento: 245 metri di lunghezza per 41 di diametro, 220 tonnellate di stazza. Sfidando ogni cattivo presagio è stato chiamato "Il Titanic dei cieli". È un passaggio rapido senza possibilità d' atterrare; dalle prime ore del pomeriggio imperversa su tutta la zona un temporale di notevole violenza fatto di pioggia fitta, vento e qualche fulmine. A bordo del dirigibile si trovano 97 persone; 61 uomini d' equipaggio e 36 passeggeri. A terra, in attesa, è radunata una folla notevole; molti i curiosi per il primo arrivo stagionale dell' Hindenburg ma ci sono anche i passeggeri che devono imbarcarsi. È previsto che dopo un brevissimo scalo di rifornimento e di controllo l' aeronave molli di nuovo gli ormeggi intorno alla mezzanotte*

Nella pagina a fianco: una prima versione del dirigibile *la France*, realizzato dai Tissandier nel 1883.

In alto: la seconda versione del *la France*, realizzato dai Tissandier col contributo di Renard e Krebs, fotografato nel a Chalais-Meudon, in Francia, il 9 agosto del 1884.

<sup>15</sup> Dalla relazione del cap. C. RENARD pubblicata in *The Practical Engineer*, vol. IX, numero 371, 6 aprile 1894, p. 266, colonna 1.



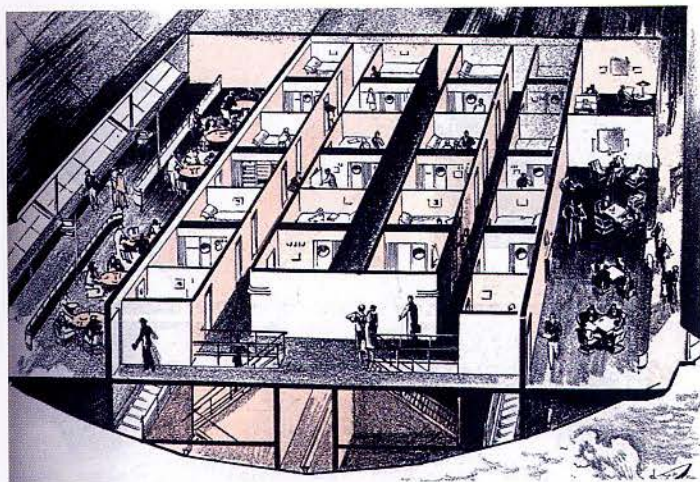


*per rientrare in Germania. Da dodici anni esiste un servizio regolare di dirigibili tra la Germania e gli Stati Uniti, i tedeschi sono fieri della loro supremazia in questo campo. Anche se nel 1927 Charles Lindberg ha trasvolato l'Atlantico con il suo Spirit of Saint Louis nessuno dubita che il futuro dei trasporti aerei appartenga a quelle maestose aeronavi. Quel giorno di maggio muterà, tra l'altro, alcune di queste convinzioni. Viste le condizioni atmosferiche il dirigibile non tenta nemmeno di scendere, fa un giro sopra la base e sparisce. Passa più di un'*



*ora prima che si oda di nuovo il rombo dei suoi motori che gli consentono una velocità di crociera di 125 Km/h e un' autonomia di 14 mila chilometri. La visibilità però è molto limitata e deve passare ancora tempo prima che l' aeronave ricompaia e cominci la sua lenta manovra di avvicinamento alla torre d' attracco. Alle 7 e 20 vengono finalmente calate le funi di ormeggio che i duecento uomini addetti alla manovra a terra raccolgono e assicurano a tutta velocità ai verricelli. Esattamente due minuti dopo questa manovra si ode il tuono di un' esplosione ter-*





Nella pagina a fianco: in alto, l'Hindenburg sorvola New York nel 1937; in basso, disegni tratti da brochure pubblicitarie del tempo, relativi agli ambienti interni del dirigibile.

Sopra: l'area destinata ai passeggeri sull'Hindenburg.

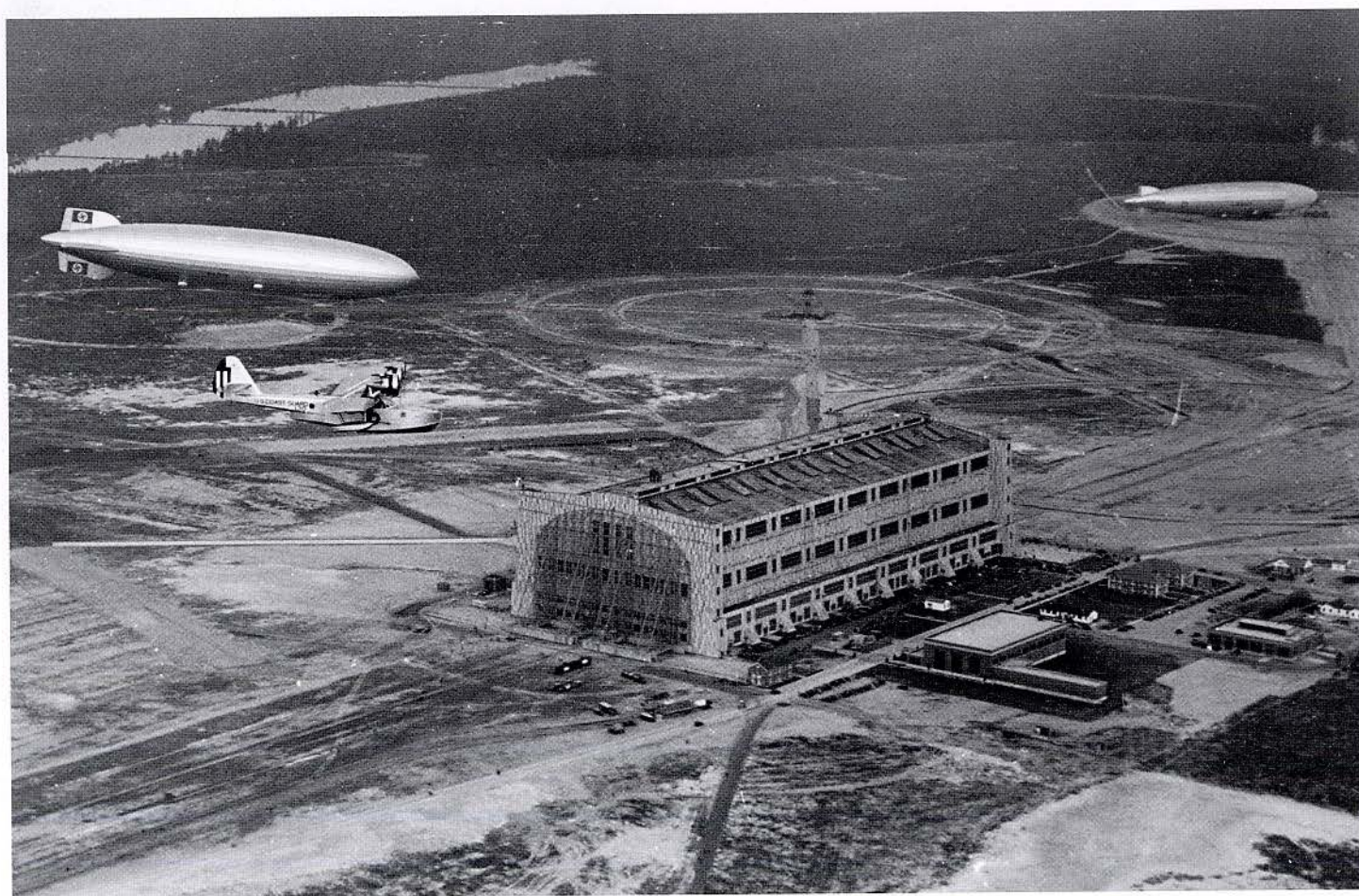
Sotto: l'Hindenburg sorvola la stazione per dirigibile di Lakehurst, nei pressi di Manchester, nel 1936.

rificante che proviene dalla poppa subito seguita da una fiammata altissima che in un baleno si propaga all'intera struttura. Almeno quattro o cinque passeggeri vengono letteralmente scagliati fuori bordo attraverso i finestrini panoramici che sono esplosi, altri toccano il suolo con ustioni tremende, la tragedia si consuma in meno di un minuto. Il bilancio definitivo sarà di 17 morti (su 61) nell'equipaggio e 16 (su 36) tra i passeggeri"<sup>16</sup>.

E questa è, invece, la trascrizione della radiocronaca trasmessa in diretta della spaventosa tragedia:

Adesso è praticamente immobile. Hanno calato le funi d'ancoraggio dalla prua e sono state assicurate agli ormeggi da un certo numero di uomini. Sta piovendo di nuovo... pioggia che era un poco diminuita. I motori posteriori della nave girano al minimo quanto necessario per tenere il dirigibile in posizione... È scoppiato un incendio! È in fiamme

<sup>16</sup> La descrizione del disastro dell'Hindenburg (6 maggio 1937) è di C. AUGIAS, la Repubblica 2 luglio 2000.

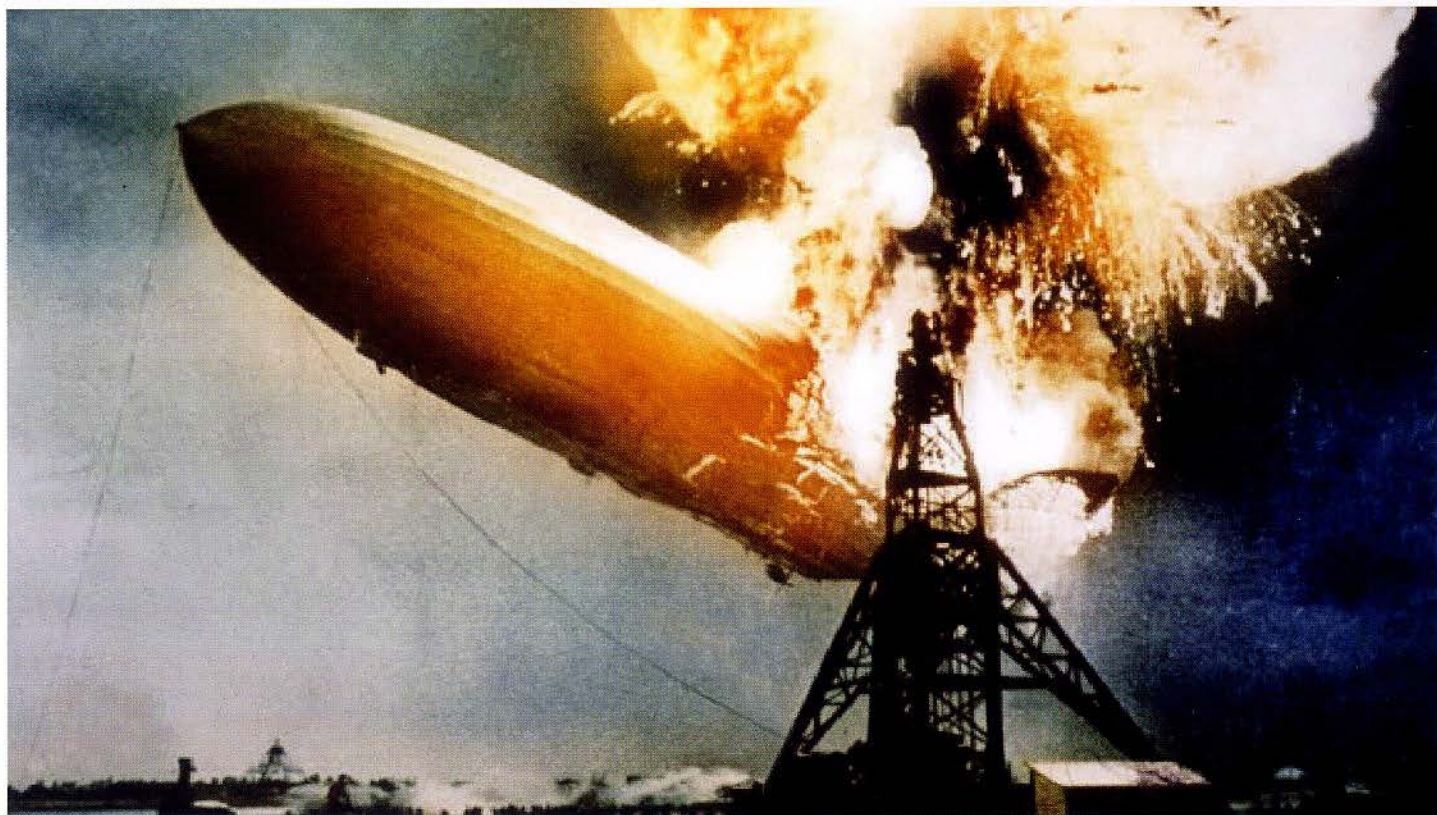
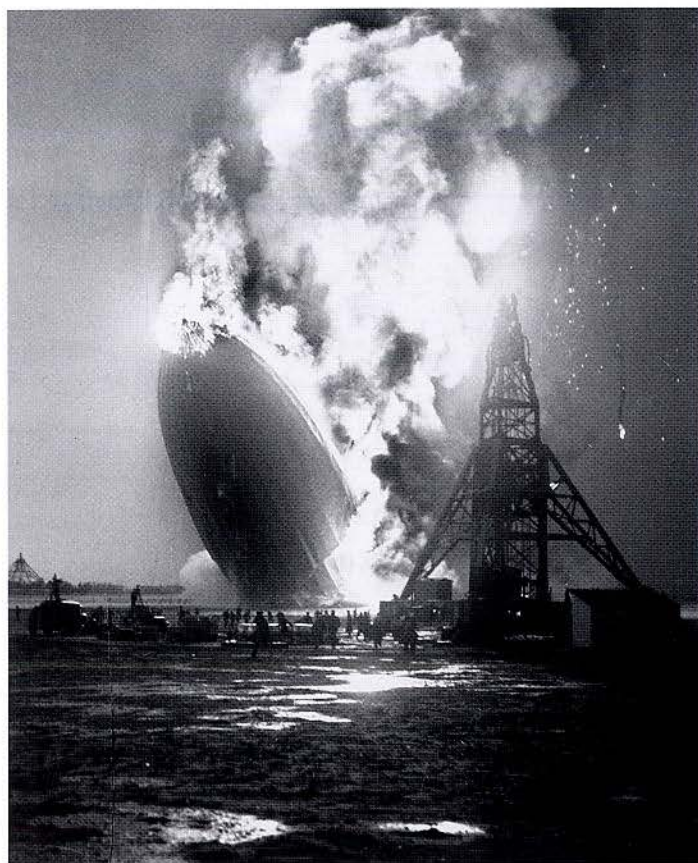




*e sta precipitando e schiantando sul pilone d'ormeggio! Attenzione... Scappate, toglietevi di mezzo... Riprendi questo, Charlie! Le fiamme... si sta abbattendo! Si abbatte... o mio Dio! Toglietevi di mezzo presto... Brucia e e divampa, e sta cadendo sopra il pilone d'ormeggio! È in fiamme forse a quattro o cinquecento piedi di altezza [120-150 m]... è uno schianto pauroso, signori e signore! È in fiamme e volto dal fumo. La carcassa sta abbattendosi al suolo, non più a fianco del pilone. Si sentono tutti i passeggeri che urlano ovunque anche qui intorno! Te lo avevo detto: non riesco a parlare con quanti hanno amici e parenti a bordo. Ah... ah, non riesco a parlare, signori e signore! Laggiù sta schiantato un ammasso di rottami fumanti. Ah... a mala pena si è in grado di respirare e contemporaneamente parlare... e si sente urlare! Onestamente non riesco a respirare... cerco di portarmi dove non riesco a vedere... È terribile. Ah... ah non posso... Devo fermarmi per un minuto perché ho perso la mia voce. Questa è la tragedia peggiore che abbia mai visto"<sup>17</sup>.*

Grazie però agli aerostati furono possibili ascensioni ragguardevoli, come quella compiuta circa 63 anni dopo, nel

<sup>17</sup> La radiocronaca trasmessa dalla radio WLS in diretta fu di Herbert Morrison, che assiste al disastro dell'*Hindenburg*.





1846, da Gay Lussac e Biot che raggiunsero i 4000 m di altezza. Nel frattempo gli incidenti di volo anche dai semplici palloni, quasi sempre con esiti tragici, si incrementarono esponenzialmente incentivando se non l'invenzione almeno il perfezionamento di uno strumento notoriamente in grado di frenare la caduta, rendendola innocua, del quale già da molti secoli se ne erano disegnate le connotazioni: il paracadute. Inizialmente però non fu adottato per uso individuale, riservandosi ad accessorio di sicurezza delle mongolfiere

### *Il paracadute*

Un paracadute sicuramente affidabile comparve e si evolse come accessorio degli aerostati a partire dagli ultimi scorci del XVIII secolo, e solo in un secondo momento, se ne differenziò un modello per uso individuale, da cui in ultima analisi era derivato. In assoluto non fu un'idea straordinariamente acuta: chiunque abbia avuto tra le mani un ombrello aperto ha notato la resistenza che esercita quando si lo tiri con rapidità, resistenza che cresce con la sua grandezza. Dal momento, però, che l'invenzione dell'ombrello, al di là della ben nota battuta, si perde nella notte dei tempi queste conclusioni vanno considerate acquisite già agli albori della storia, sia in Occidente che in Oriente. Dedurre pertanto le dimensioni minime che un ombrello avrebbe dovuto possedere per frenare una caduta da rilevante altezza al punto da renderla innocua, deve collocarsi nello stesso ambito cronologico. Improbabile, invece, stabilire a cosa mai potesse servire uno strumento del genere se non per esibizioni di acrobati, e non a caso sempre in Cina si trova menzione di lanci da alte torri con ombrelli paracadute già intorno al mille. Temerarietà che dimostra al contempo sia l'efficacia dello strumento, sia la sua inutilità, non essendo adottabile in alcun altro contesto. Situazione che si ripropone nella sua paradossale evidenza sul finire del Medioevo allorquando, alcuni tecnici prima e lo stesso Leonardo poi, si cimentarono più che sulla sua forma sul suo dimensionamento ottimale. Scriveva infatti Leonardo:

*“se un uomo ha un padiglione di panno intasato, che sia di 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d'ogni grande altezza senza danno di sé”<sup>18</sup>.*

<sup>18</sup> La citazione è una didascalia del foglio 381 v del Codice Atlantico, a fianco dello schizzo che ritrae un paracadute piramidale.



Al pari di Leonardo, anche Fausto Veranzio, 1551-1617, si interessò del paracadute, disegnandone un prototipo più razionale dei precedenti, che descrisse in questi termini:

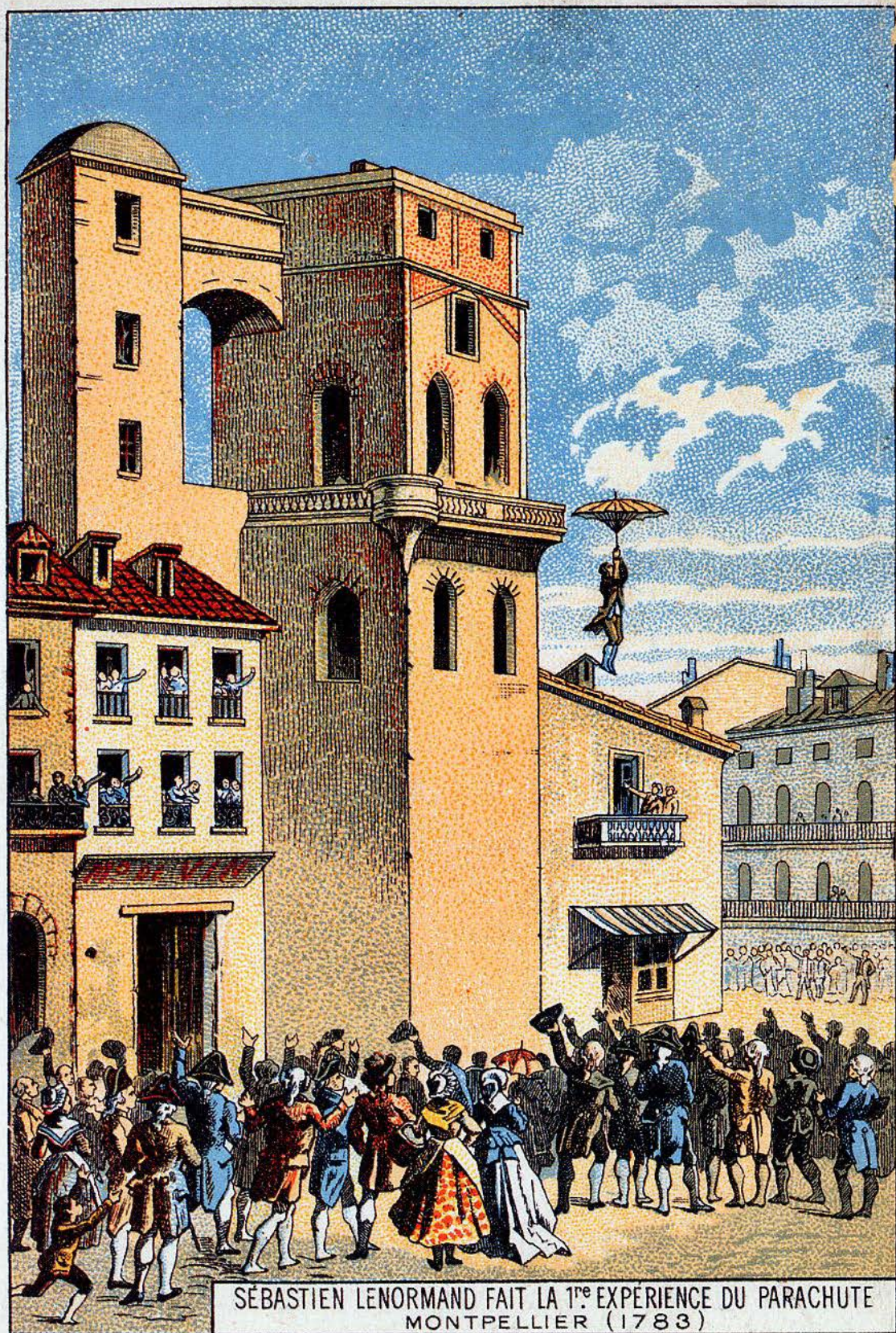
*“Piglisi una vela quadra, quale sia distesa tra quattro pertiche eguali, e con le funi vi s'attachi l'huomo à i quattro cantoni di quella vela, che senza alcuno pericolo posia gettarsi d'una Torre, ò da ogni altro loco eminente: e venir a basso e se benè in quell'hora, non spiri vento alcuno tuttavia l'impeto istesso de' l'Homo cadente, eccitarà e cagionerà il Vento, quale ritarderà la vela, si che non precipiti, mà descenda à poco à poco; Fa però di mestiero commensurare il peso del'homo con la grandezza de la vela”<sup>19</sup>.*

Ostentando una assoluta fiducia in quella sua invenzione, osò verificarne di persona il funzionamento lanciandosi, stando ad alcune fonti nel 1617 all'età di 66 anni, poco prima quindi della sua morte, dal campanile di San Marco a Venezia, (o da una torre) senza subire conseguenze di sorta. La notizia che suscitò una discreta eco tra le cro-

<sup>19</sup> Da F. VERANZIO, *Machinae novae*, Venetiis 1616, testo italiano p. 14.

Nella pagina a fianco: *il disastro dell'Hindenburg*.  
Sopra: *il paracadute schizzato da Leonardo nel fol. 381 v del Codice Atlantico*.





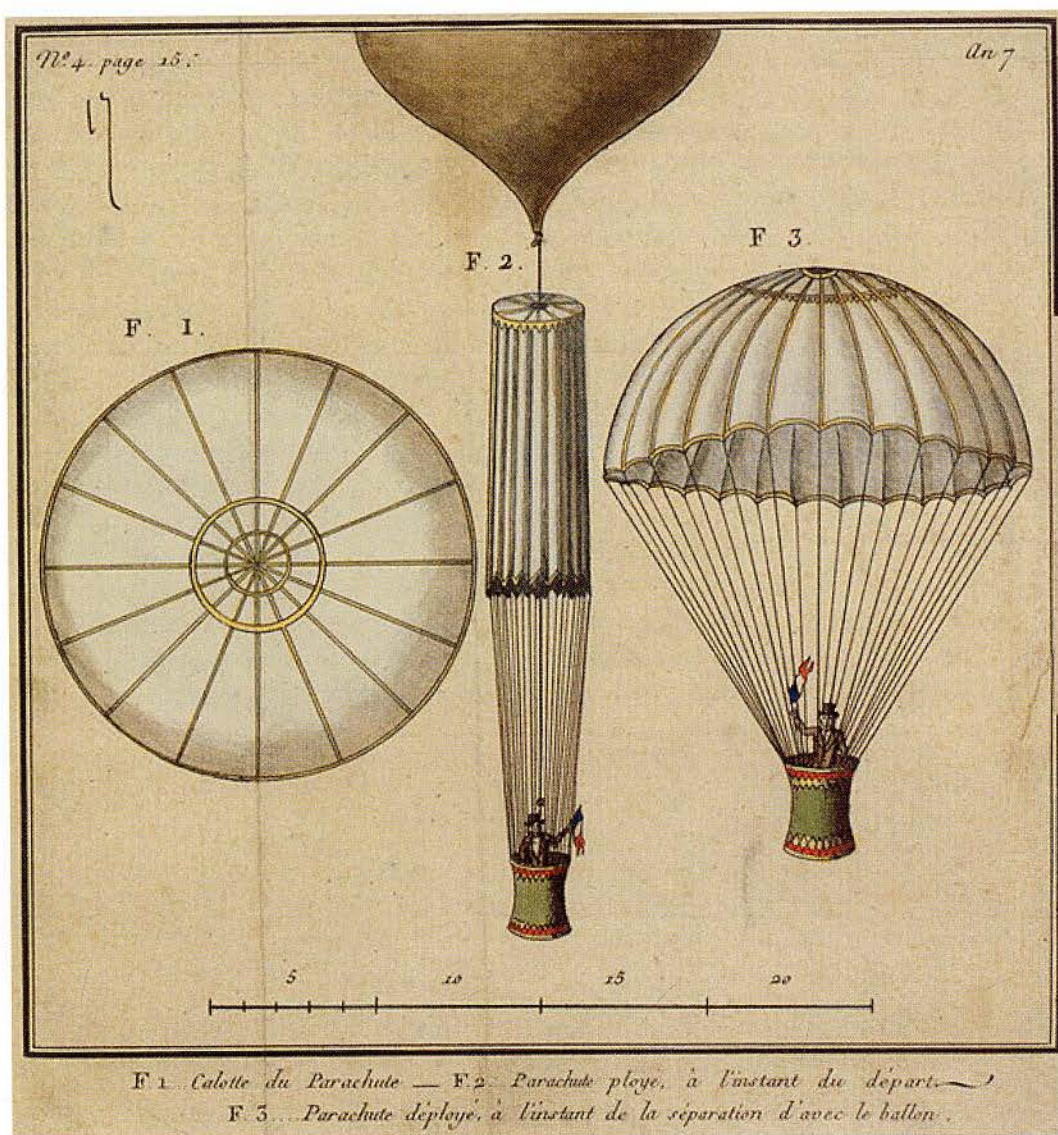
SÉBASTIEN LENORMAND FAIT LA 1<sup>re</sup> EXPÉRIENCE DU PARACHUTE  
MONTPELLIER (1783)

COLLECTION 476

2<sup>ème</sup> Série (N° 3)

ROMANET & C<sup>ie</sup> IMP. EDIT. PARIS.





nache coeve si ritrova menzionata ancora una trentina di anni dopo. Purtroppo, non disponendo di ulteriori dettagli, quel lancio non è considerato il primo della Storia. Per riscontrare un lancio sicuramente avvenuto si deve attendere l'ultimo scorcio del XVIII secolo quando Sebastien Lenormand, in seguito professore di tecnologia a Parigi, ne costruì uno e, soprattutto, trovò il coraggio di sperimentarne l'impiego. Dando prova di temerarietà piuttosto che di fiducia nella sua invenzione, il francese saltò dalla torre dell'Osservatorio di Montpellier, nel 1783, dinanzi ad una discreta folla fra la quale vi era anche Montgolfier. Ma per trovare l'utilizzo del paracadute in un lancio aereo si deve attendere il 22 ottobre del 1797, quando Jaques Garnerin si gettò da un pallone. La discesa non fu priva di rischi per le forti oscillazioni causate dall'instabilità del grande

ombrello, privo di foro superiore che più tardi lo stesso Garnerin applicherà risolvendo l'inconveniente.

Strana invenzione che anticipa il mezzo aereo o che, implicitamente, conferma l'esistenza di qualcosa in grado di sollevarsi dal suolo, magari sporadicamente! Del resto, oltre ai grandi aquiloni, oltre ai rozzi aerostati ad aria calda, già dal XIII secolo si conosceva un terzo congegno, che avrebbe consentito di sollevarsi, senza dubbio pericolosissimo, ma il solo mezzo che avrebbe portato sette secoli dopo l'uomo sulla Luna: il razzo.

Nella pagina a fianco: la prova del paracadute di Sebastien Lenormand nel 1783 a Montpellier.

In alto: il dispositivo elaborato dal Garnerin e da lui provato nel 1793.

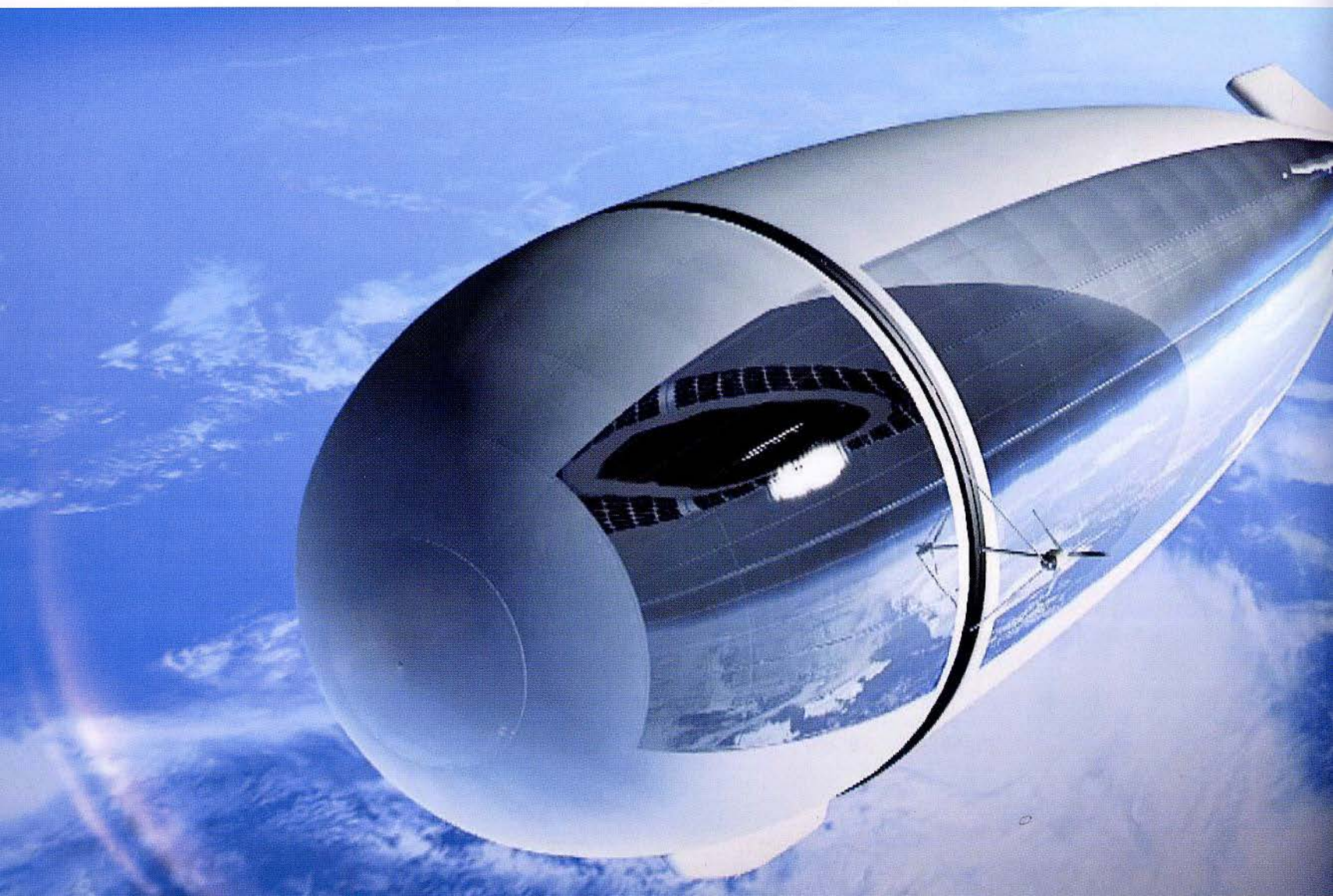


## *I nuovi dirigibili elettrici*

L'impiego del motore elettrico sui dirigibile in realtà costituì una parentesi molto breve, effimera quanto quella del motore a vapore, ma con una significativa differenza: il suo abbandono non fu irreversibile e non rappresentò la fine del criterio informatore ma soltanto l'inizio di una lunga pausa di riflessione, risoltasi proprio in questi anni. Il dirigibile a propulsione elettrica, infatti, ha trovato una nuova ampia gamma di utilizzazione grazie a due basilari invenzioni: i moduli fotovoltaici su film flessibile e i motori elettrici leggeri, senza contare le trasmissioni. Con i primi si riescono a produrre circa 10 watt per mq, entità che considerando la vastissima superficie esposta al sole di un involucro di un dirigibile dai 1000 ai 2000 mq, significa in pratica una autonomia a tempo indeterminato. Circa i rivoluzionari motori elettrici per aviazione si hanno ormai potenze di 2 kw per kg, circa hp, potenza fino a ieri impensabile. Quanto infine alle trasmissioni, il moltiplicarsi delle

trasmettenti, sia telefoniche che radiotelevisive, ha creato l'esigenza di alte antenne ripetitrici, che potrebbero facilmente collocarsi a bordo di un dirigibile stazionario. Queste, ad esempio, le peculiarità di un recentissimo studio per rivoluzionari dirigibili elettrici, in una intervista del prof. Antonio Dumas, dell'Università di Modena e Reggio:

*"Da anni, infatti, stavamo considerando la possibilità di creare grandi dirigibili stratosferici, in grado di muoversi o restare fissi su un punto, utilizzando solo l'energia solare, raccolta da pannelli sulla loro superficie e utilizzata direttamente durante il giorno, o sotto forma di idrogeno in fuel cell, di notte. Questi dirigibili "cruiser" resterebbero sempre fra i 15 e i 20 chilometri, dove i venti scendono al minimo. A servirli, dirigibili più piccoli, i "feeder", progettati invece per salire e scendere, affrontando venti forti e variabili e le variazioni di pressione e densità dell'aria, che richiedono un cambiamento nel volume del mezzo, per mantenere il sostentamento. Quando abbiamo*





*visto quel bando, non credevamo ai nostri occhi: era perfetto», ha detto Dumas.*

*E infatti hanno ottenuto il finanziamento, presentando, a febbraio scorso il progetto completo per il Maat, Multibody Advanced Airship for Transport (Dirigibile avanzato multi-corpo da trasporto), un sistema cruiser-feeder, per il trasporto passeggeri e merci, con un dirigibile stratosferico lungo 450 metri (il doppio del dirigibile più grande mai realizzato), che si sposta fra le città europee a 140-200 km/h, a secondo delle correnti atmosferiche incontrate, e i feeder che portano i passeggeri da una città, si agganciano al cruiser e portano giù quelli che devono scendere alla città successiva. Una sorta di moto perpetuo, che non richiede enormi infrastrutture a terra e non brucia una goccia di combustibili fossili»<sup>20</sup>.*

Quali sono in pratica i vantaggi ravvisati in un dirigibi-

<sup>20</sup> Per ulteriori approfondimenti A. CODEGONI, *Il futuro ci riserva il ritorno dei dirigibili?*, in *Qualenergia.it* 20 aprile 2015.



le a propulsione elettrica con alimentazione fotovoltaica? Innanzitutto l'autonomia: a differenza degli aerei, infatti, che consumano la maggior parte dell'energia fornita solo per mantenersi nell'aria, il dirigibile la usa esclusivamente per muoversi, per cui i suoi consumi sono minimi e, teoricamente, nulli se sta fermo e comunque fornita in abbondanza dal film fotovoltaico di cui sarebbe rivestito il loro involucro. In base soprattutto a questa peculiarità sono state ipotizzate inedite applicazioni che così possono sintetizzarsi:

- creazioni di stazioni ripetitrici a grande raggio, circa 1000 km simili agli attuali satelliti geostazionari per telecomunicazioni, in pratica delle piattaforme per antenne per telefonia mobile, per televisioni e per radio, alte alcune decine migliaia di metri e praticamente immobili grazie ad appropriati sistemi di compensazione; enormemente inferiori i costi di attivazione e di gestione, minimi i rischi: in caso di guasto ad qualsiasi apparato basta farlo atterrare e ripararlo, situazione impossibile per i satelliti.
- similmente se ne è immaginato l'uso come gruppi elettrogeni di grande potenza e di rapida dislocazione nelle aree sinistrate non facilmente raggiungibili.
- possibilità di caricare e scaricare la merce dovunque senza bisogni di strade, di porti o di aeroporti.
- crociere aeree a basso costo, per escursioni e visioni dall'alto a bassa velocità, max 150 km/h, altrimenti impossibili o molto onerose.
- sorveglianza ambientale e militare di vaste aeree, continua ed economica, con possibilità di impiego di pesanti apparecchiature elettroniche.
- controllo antincendio continuo
- operazioni di salvataggio in condizioni estreme dove neppure gli elicotteri possono volare, da effettuarsi con piccoli dirigibili estremamente manovrieri.

*A fianco: ricostruzione virtuale dello StratoBus, un dirigibile a propulsione elettrica, con alimentazione da pannelli solari di tipo flessibile, in grado di volare a 20.000 m di altezza e di comportarsi come un satellite geostazionario, con un'autonomia di oltre 5 anni. Progetto nato dalla collaborazione tra Alenia Space e la Thales.*







PIÙ PESANTI DELL'ARIA







## CAPITOLO TERZO

### *I motori per il volo*

Come precisato nella premessa, quando il volo non è più librato, ovvero dall'alto verso il basso -anche se a volte si solleva sospinto dalle correnti ascensionali, quando non è più un mero galleggiamento di una vescica più leggera dell'aria che la circonda, la possibilità di volare è data unicamente da un adeguato apparato propulsore, ovvero da un motore appositamente progettato e costruito.

Pertanto motore e navigazione aerea, e non puro sollevamento dal suolo, si confermano intimamente connessi e interdipendenti, ma non cronologicamente contemporanei a quest'ultimo.

Facile osservare, infatti, che mentre tentativi più o meno riusciti di librarsi nell'aria o di ascendervi grazie all'aria calda, per quanto brevemente delineato, già si riscontrano in qualche modo praticati in età ellenistica, o poco più tardi, per intraprendere la navigazione aerea propriamente detta bisogna attendere il secolo scorso.

Più precisamente bisogna attendere che fossero disponibili i motori meccanici, con adeguate alimentazioni, sufficientemente potenti, leggeri, di discreto ingombro e autonomia. Per la verità si cercò di utilizzarli anche prima della loro ottimizzazione per l'impiego aeronautico ma lo si potette fare grazie alla capacità di galleggiare nell'aria delle mongolfiere e dei dirigibili che, anche con il loro ausilio, peraltro mai consentirono di navigare indipendentemente dai venti e dalle correnti ascensionali. Pertanto i motori che seguono dopo un breve esordio non specifico subirono presto delle profonde modifiche per adeguarli al particolare uso.

Nella pagina a fianco: *acrobazia di un velivolo elettrico.*  
A fianco: *Un moderno motore elettrico per aviazione.*







## MOTORE ELETTRICO

### *I nuovi motori elettrici per aviazione*

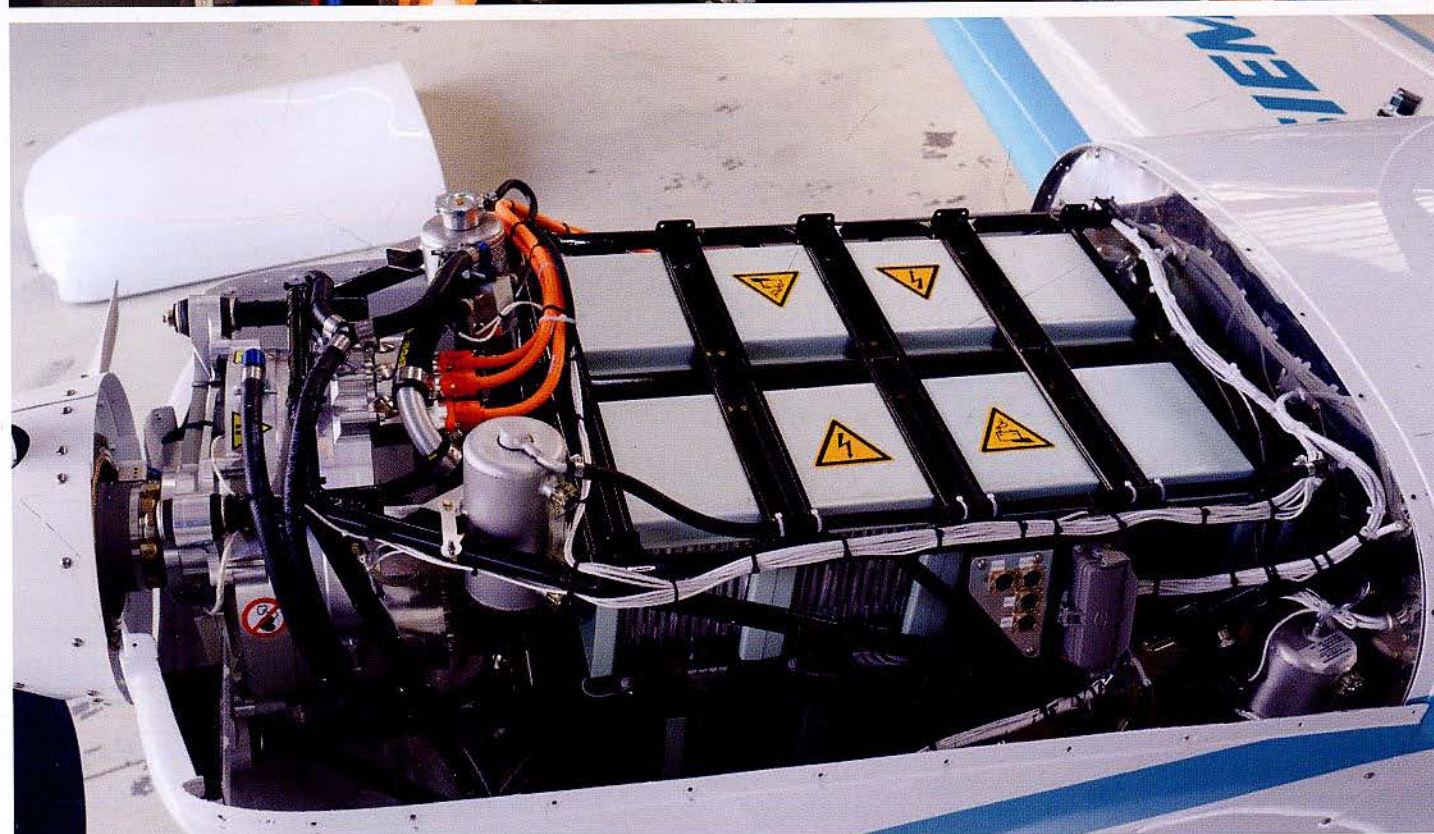
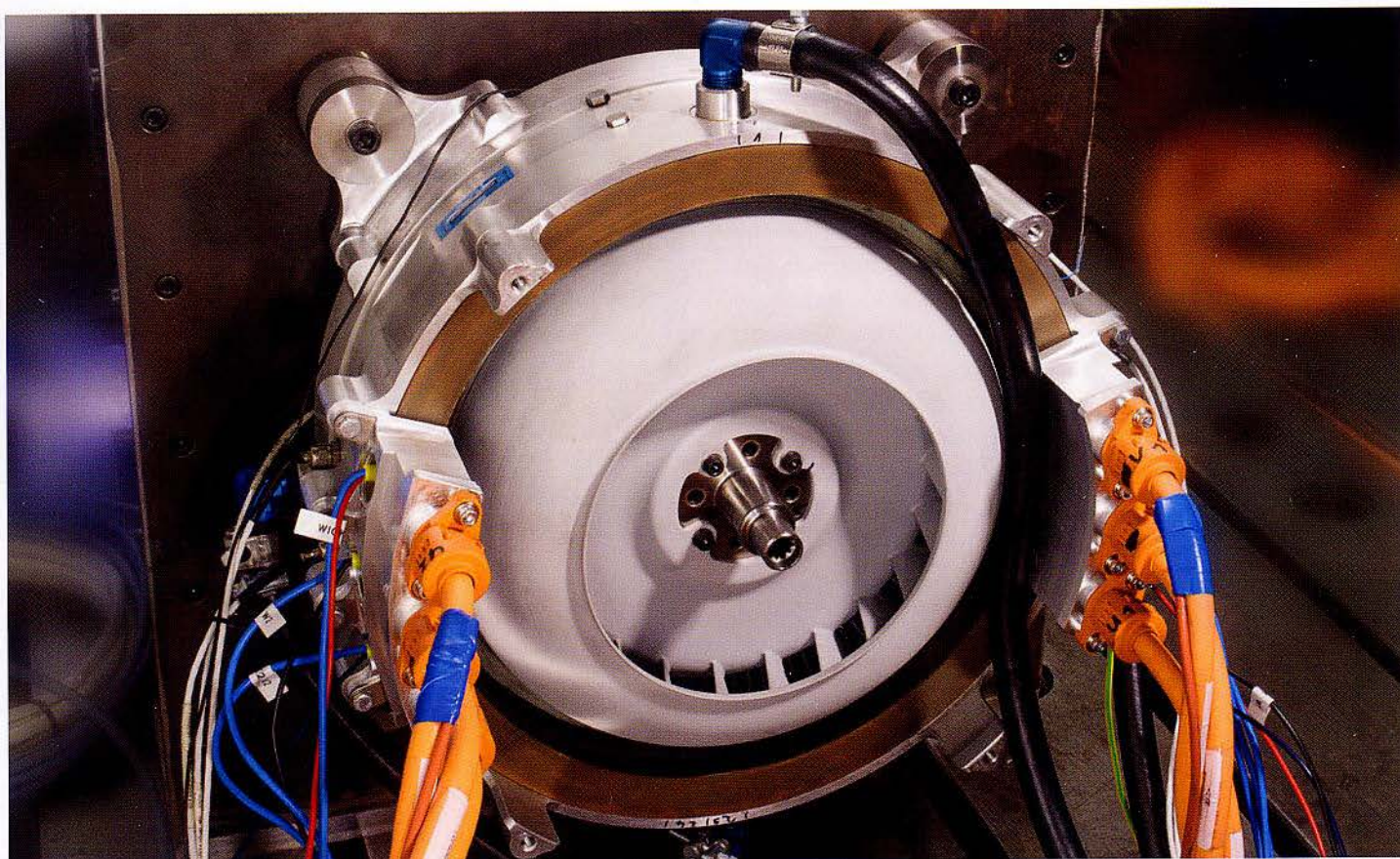
Di recente sono stati costruiti dei nuovi e rivoluzionari motori elettrici espressamente per l'uso aereo. La loro peculiarità principale, come intuibile, è la leggerezza che determina un altissimo rapporto peso potenza. La Siemens infatti ha annunciato la disponibilità di un suo motore del genere in grado di erogare con un peso di appena 50 kg una potenza di 260 kw, pari a circa 350 hp. L'esito è talmente rilevante che il gruppo è certo che nel giro di pochi anni si avranno vaste adozioni per motori del genere anche su pesanti aerei di linea. Già attualmente aerei di 20 quintali al decollo potranno avvalersene, avviando così una nuova fase del volo in generale e del trasporto aereo in particolare.

Volendo meglio dettagliare quel rivoluzionario motore, la Siemens ha precisato che è stato costruito con tecniche e materiali ultraleggeri giungendo a un rapporto peso potenza di ben 5 kw per kg: per valutare tale risultato basti ricordare che in un normale motore elettrico di uso industriale non si supera 1 kw per kg, e per quelli di recenti adottati per i veicoli elettrici, auto e autobus, si hanno 2 kw per kg.

Quanto alle prestazioni il motore della Siemens eroga la sua massima potenza a un regime di 2500 giri al minuto, prestazione che consente di collegare il suo rotore direttamente all'elica, evitando in tal modo tutti i pesi supple-

*Sopra: monoposto elettrico in fase di atterraggio. Nella pagina a fianco: in alto, motore elettrico del velivolo; in basso, vano batterie dello stesso velivolo.*







mentari e le perdite di potenza imputabili ai congegni di trasmissione<sup>1</sup>.

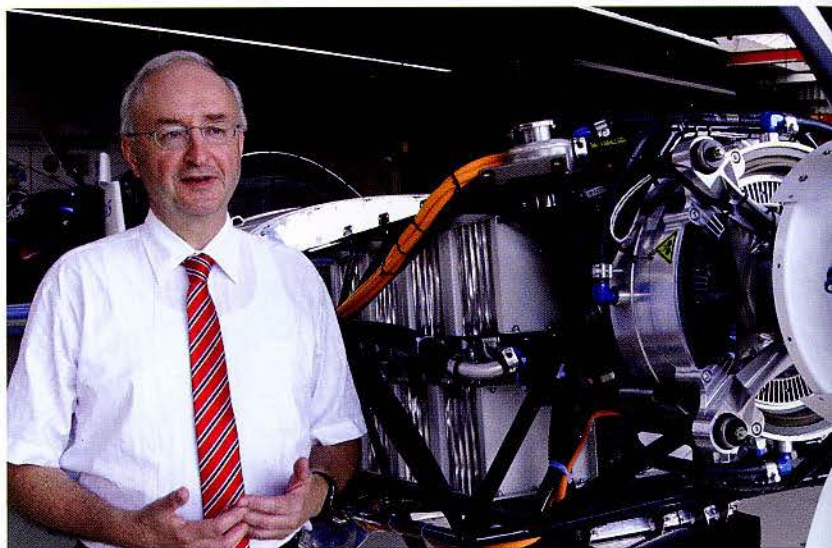
Dal punto di vista pratico le prove di volo inizieranno entro la fine di quest'anno, 2017, incrementandosi progressivamente con gli ulteriori sviluppi e perfezionamenti del motore. I tecnici del gruppo hanno tenuto a precisare di essere convinti dell'uso in tempi ravvicinati di sistemi ibridi costituiti dal loro motore elettrico in unione con altri di tipo tradizionale, in grado di far volare aerei passeggeri delle capacità di 50-100 viaggiatori. Del resto già quattro anni fa Siemens, Airbus e Diamond Aircraft avevano testato con successo tale concezione testando una serie di motori ibrido-elettrici installati su un aliante a motore DA36 E-Star 2 dalla potenza di 60 kw, che pur essendo ampiamente insufficienti per aerei di linea confermarono la possibilità di disporre di molto più potenti in un futuro non lontano.

Come facilmente intuibile, il vero problema per l'adozione del motore elettrico è la sua alimentazione: fare un motore leggero senza però disporre di batterie altrettanto leggere e di grande capacità costituisce soltanto una mezza risoluzione del problema. Non a caso il limite viene aggirato, entro certi limiti, con i sistemi di propulsione ibrida, in cui non di rado un motore a combustione interna, o esterna, è affiancato a uno elettrico per produrre la corrente necessaria a ricaricare le batterie in volo, utilizzandolo come generatore. Un avveniristico progetto contempla ad esempio la possibilità di far volare in un unico apparecchio 150 passeggeri su tratte non inferiori ai 500, avvalendosi esclusivamente di propulsori elettrici. Per dirla in maniera rudimentale, un aereo di linea a batteria!

Il problema, peraltro ancora irrisolto, resta come anzidetto le batterie: per far volare un apparecchio del genere servirebbero infatti circa 12.000 kw, dei quali 7500 solo per alimentarne il motore: ma batterie in grado di accumulare ed erogare tali potenze con ingombri e pesi compatibili con il volo attualmente non esistono. L'aereo senza serbatoi e senza carburante rimane al momento ancora un

<sup>1</sup> Per informazioni in merito cfr. L.LOPES, *Siemens sviluppa motori elettrici per aerei*, in *Electric motor news*, 9 giugno 2015.

In alto: dottor Frank Anton, direttore del progetto Siemens.  
A fianco: ulteriore prototipo di velivolo elettrico della Siemens.





sogno. Tuttavia la quantità di energia che le più avanzate batterie riescono ad immagazzinare è in costante crescita. Alcuni progetti richiedono batterie dalla capacità di 1w/h per kg, ovvero circa 5 volte quello che oggi eroga una batteria agli ioni di litio. Forse con altre combinazioni, quel gap sarà finalmente superato, tanto più che contribuisce attivamente allo scopo l'industria automobilistica che vede nell'autovettura elettrica la soluzione della mobilità urbana del futuro<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Per approfondimenti ulteriori cfr. M. GELARDINI, "Entro 10 anni si volerà a batterie": Il sogno di Wright One, diventare aereo elettrico di linea, in L'Espresso 17 aprile 2017.

### *L'aereo a motore elettrico*

Dal momento che è possibile ricavare energia elettrica da sottili film colpiti dalla luce del sole, si è pensato di rivestire con tale pellicola le ali di un leggerissimo aeroplano, rendendolo così autonomo dal punto di vista energetico.

Ovviamente la condizione fino a ora insormontabile è un'amplissima apertura alare, unitamente a un insignificante peso ed un motore elettrico ad alto rendimento. Il prototipo capace di funzionare perfettamente, e come lui anche diversi altri similari, ha confermato la fattibilità dell'idea ma anche il lungo percorso che ancora resta da compiere per un velivolo elettrico ad energia solare.

Discorso, invece, alquanto diverso se ad alimentare il motore, o i motori, elettrici dell'aereo è una batteria: in questo







caso, essendo le potenze erogate maggiori, ma di durata di gran lunga più breve, è stato possibile costruire effettivamente solo un velivolo biposto di discrete prestazioni. Per quanto attualmente noto esiste già un piccolo biposto monomotore a propulsione elettrica prodotto industrialmente in serie: si tratta dello Yunec E 430, lungo circa m 7, con un'apertura alare di quasi 14 ed un peso a vuota di 178 kg. A differenza di tutti i tradizionali, non si alleggerisce durante il volo per il consumo del carburante, per cui questo dato può ritenersi costante. Il caricamento delle batterie richiede tre ore, e dà una autonomia di circa 30 minuti, intervallo fin troppo breve ma sufficiente per dimostrare le notevoli potenzialità del mezzo, il cui prezzo si aggira intorno ai \$ 90.000.

Anche la Boeing il 3 aprile del 2008 ha annunciato di aver sperimentato nei cieli della Spagna un suo piccolo aereo a motore elettrico, l'EC 003, mosso da un motore alimentato da pile ad idrogeno, la cui apertura alare raggiunge i 16 m ed un peso complessivo con il pilota a bordo di 870 k. Altrettanto interessante il biposto spagnolo, forse costruito dalla *Electro Taurus* anche prima di quello precedente, denominato *Pipistrel*, con una apertura alare di circa 15 m ed una velocità massima di poco più di 200 km/h.



Spettacolare, per concludere la breve rassegna di quella che nel futuro sarà una nutrita presenza nei cieli, piace ricordare il volo di attraversamento delle Alpi compiuto da un altro piccolo aereo elettrico, il monoposto Electra F-WMDJ. Un percorso di circa 50 km che ha richiesto 48 minuti: insignificante la velocità ma eccezionale la prestazione, con un motore di appena 25 hp, alimentato con batterie al litio-polimero<sup>3</sup>.

## MOTORE A VAPORE

### *Motore a combustione esterna*

Se nelle mongolfiere e nei palloni, più leggeri dell'aria, il peso del motore e il suo ingombro, come ricordato, avevano una rilevanza molto relativa non così avvenne nei più pesanti, ovvero nell'aereo propriamente detto. Il che giustificò soltanto nei primi l'adozione di macchine che almeno inizialmente per noi appaiono assurde, se non ridicole, genericamente definite motori termici. Questi, che trasformano il calore in movimento, o più esattamente l'energia termica in energia cinetica, si dividono in due branche fondamentali rispettivamente a combustione esterna ed interna. Alla prima appartengono i motori a vapore, per i quali a differenza del motore elettrico in cui l'energia di alimentazione, quale che ne sia la fonte, viene trasformata

<sup>3</sup> In merito cfr. F. TORTORA, *In volo sulle Alpi, con l'aereo elettrico*, in *Corriere della Sera*, 3 gennaio 2008.

Sopra: ulteriore prototipo di velivolo elettrico.

A fianco: vano motore dello stesso.

Nella pagina a fianco: in alto, dettaglio dello stesso velivolo elettrico; sotto, prototipo del velivolo elettrico della Boeing









ELECTRO





ELECTRA  
**TAURUS**  
THE FUTURE NOW

1-8599

PIPISTREL





in rotazione in una unica maniera, ovvero grazie a dei campi magnetici, nel motore a combustione esterna, in genere a vapore, il medesimo risultato può ottenersi in almeno due maniere diverse, ovvero sia tramite cilindri e stantuffi, sia tramite una turbina, con la convenzione che *macchina a vapore* o *motore a vapore* debba riferirsi sempre ad una macchina alternativa mentre per l'altra si parla sempre e soltanto di turbine. Quanto alle macchine a combustione interna includono i motori a scoppio, sia Diesel che a benzina, derivando entrambi da un comune lontano antenato che viene considerato a tutti gli effetti la prima macchina termica a combustione interna per le demolizioni a distanza: il cannone!

L'esordio della macchina a vapore e più esattamente turbina a reazione vapore fu costituito da una sorta di giocattolo, dal pittoresco nome di 'palla a vento' attribuito al mitico Erone di Alessadria, nel I sec. d.C.

### *La palla a vento*

Quel che resta certo fu il ruolo fondamentale svolto da Erone nella evoluzione della tecnica in generale e nello sviluppo della macchina a vapore in particolare, a sua volta premessa del motore a combustione interna. Di esse la più nota fu la cosiddetta *palla a vento*, alle lettere dal greco *eolipila* o *palla di Eolo*, dio dei venti. Nella fattispecie si trattava d'un contenitore metallico, parzialmente colmo d'acqua, posto su un braciere: una sorta di pentola a pressione, munita di due tubi d'uscita. I tubi, simmetrici, fungevano da supporto di rotazione per una sfera cava di rame, in cui penetravano dagli opposti poli. Dalla stessa sfera, ma in posizione equatoriale contrapposta, fuoriusciva una seconda coppia di tubi, sagomati a gomito e fungenti da ugelli di scarico. Dopo un breve riscaldamento, l'acqua nel recipiente iniziava a trasformarsi in vapore aumentando di pressione. Tramite i tubi supporto penetrava nella sfera da dove, espandendosi con violenza, sfogava verso l'esterno tramite i tubi ugelli<sup>4</sup>. I due getti formavano una coppia di forze che determinava la impetuosa rotazione della sfera. Erone, ovviamente, non lo poteva sapere ma quel suo ingegnoso giocattolo era il primo motore a vapore della storia:

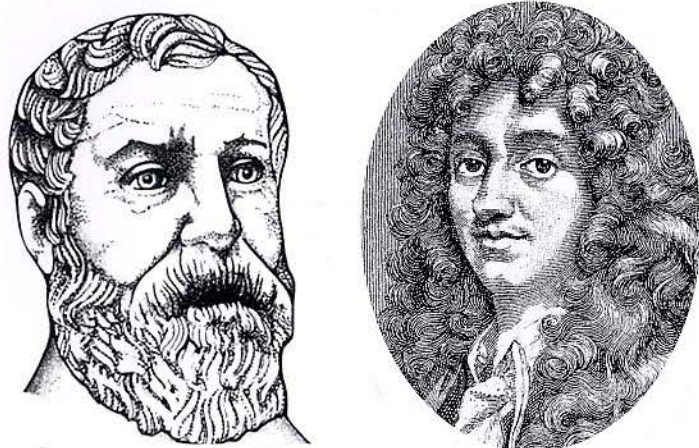
Sopra: sorvolo di montagne da parte di un velivolo elettrico.  
Nella pagina a fianco: ricostruzione della Eolipila di Erone.

<sup>4</sup> Cfr. C. Rossi, F. Russo, *Ancient Engineers' Inventions. Precursors of the Present*, second edition, Switzerland 2017, pp. 311-12









anzi, ad essere pignoli, era la prima turbina a reazione della storia. Per incontrare la seconda successiva, sarebbero occorsi quasi diciannove secoli!

Assodata con questa suggestiva macchina la capacità del vapore a provocare una rotazione, il moto che più facilmente si può trasformare in qualsiasi altro, Erone si cimentò con una seconda turbina. A differenza della prima non funzionava per reazione ma per impatto, esattamente come i vetusti mulini afgani ai quali, sia pure in miniatura, somigliava e come le odierne turbine Pelton, quand'anche idrauliche. Di certo quando realizzò la sua prima turbina a vapore era in sostanza una ruota con numerose palette sulle quali fece impattare un getto fuoriuscente da una testa di bronzo. La rotazione che ne conseguiva risultava velocissima ma nessun impiego ne venne fatto oltre quello dimostrativo. Si trattava, in entrambi i casi, di poco più che giocattoli o di esperienze fisiche di scarse potenzialità applicative, ma foriere di rivoluzionari sviluppi. L'idea, infatti, di convertire la forza del vapore in qualcosa di più di un semplice giocattolo tornò varie volte nel corso della storia. Basti pensare in merito, ad esempio per restare ancora a Leonardo al suo architronito, una sorta di cannone a vapore che il sommo artista affermò di aver copiato da alcuni scritti, in seguito purtroppo scomparsi, di Archimede.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Sulla vicenda dell'architronito di Leonardo cfr. F. Russo, *Riflessi incendiari, cannone a vapore*, in MEDIOEVO 158, pp. 70-77.

In alto: ipotetico ritratto di Erone e vicino, stampa ottocentesca del ritratto di Christiaan Huygens.

Nella pagina a fianco: macchina per il sollevamento dell'Acqua progettata da Marly per alimentare le fontane della Reggia di Versailles al tempo di Luigi XIV.

## La genesi del motore a vapore

Dal cannone a vapore di Leonardo trascorsero oltre quattro secoli affinché il vapore tornasse ad essere non solo oggetto di studi teorici ma anche di applicazioni meccaniche pratiche di una certa efficacia. Si sa di un congegno a vapore, definito *macchina di Marly* costruita per Luigi XIV che nel 1682 alimentava le fontane di Versailles. Forse erogava una potenza dell'ordine della settantina di cavalli, ma durò poco per l'incapacità vigente a curarne la manutenzione. La questione di un congegno meno approssimato trovò pochi anni dopo nel 1690, l'interesse di Christiaan Huygens che propose alcuni rischiosi esperimenti con una macchina per creare il vuoto, funzionante in pratica come un motore a combustione interna, alimentato però a polvere pirica.

Christiaan Huygens, 1629-1695, fu una delle eminenze scientifiche del XVII a cui si devono accurati studi di matematica, di fisica, di ottica e, soprattutto, di astronomia. Si occupò pure di meccanica e, in data 22 settembre 1673, descriveva al fratello, in una meticolosa lettera, una macchina da lui ideata funzionante, appunto, a polvere pirica. Il criterio informatore per molti aspetti ricorda quello del motore endotermico, nel quale la violenta dilazione esito della combustione di un idrocarburo allo stato aeriforme, per lo più miscela aria-benzina o aria-gasolio per il Diesel, determina il moto dello stantuffo e la reiterazione del ciclo la sua rotazione. Tuttavia la macchina di Huygens non fu una sorta di archetipo del suddetto motore, non a caso definito a scoppio, poiché non è l'esplosione di un piccolo quantitativo di polvere che muove lo stantuffo, ma semplicemente scaccia l'aria dal cilindro che la contiene, per cui per il vuoto così generato, lo risucchia dalla sua posizione di riposo, stabilizzata da un apposito fermo. In altre parole, pur avvenendo all'interno di un cilindro munito di stantuffo una violenta combustione è solo la pressione dell'aria esterna che spinge in basso lo stantuffo, per cui se la definizione di macchina a combustione interna può considerarsi calzante, non altrettanto lo è quella di motore che, paradossalmente si attaglia invece al cannone da cui derivano tutte le macchine motrici a combustione interna. Questa la sua lettera:

*Nei giorni scorsi ho fatto vedere ai signori dell'Accademia nostra e quindi anche al signor Colbert il disegno di una invenzione, che si è giudicata come assai buona e dalla quale mi aspetterei grandi effetti, se fossi sicuro che essa riesca in grande altrettanto bene come è ri-*



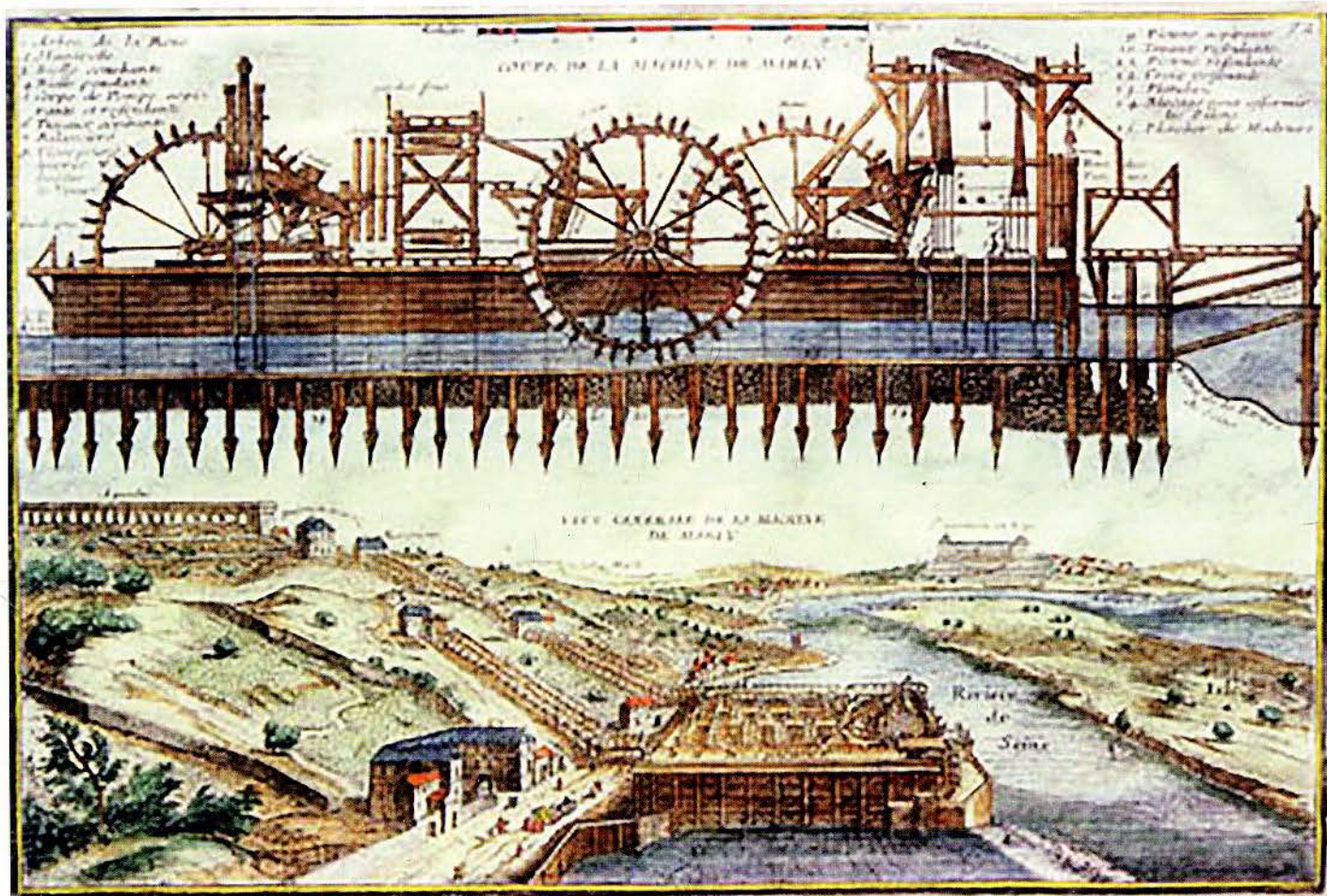
uscita in piccolo. Si tratta di una nuova forza mobile da ottenersi per mezzo della polvere da sparo e della pressione dell'aria.

AB è un tubo, ben levigato internamente e di larghezza uniforme. D è uno stantuffo posto in alto nel tubo, che si può muovere dentro di esso, ma che contemporaneamente non può uscire fuori del tubo, poiché ivi è assicurato un riscontro che lo impedisce. Sotto al tubo è avvitata una piccola capsula, per la perfetta tenuta della quale si è impiegato del cuoio. Nei punti EE del tubo sono praticate delle aperture e ad esse sono assicurati dei manicotti EF di cuoio bagnato. Nella capsula C si pone, prima di fissarla, un po' di polvere da sparo con un pezzetto di miccia. Dopo aver acceso questa a una estremità, si fissa la capsula. Il fuoco raggiunge allora la polvere, che infiammandosi riempie il tubo e ne caccia l'aria attraverso le valvole EF, che subito dopo per la pressione dell'aria esterna si chiudono e vengono premute contro le aperture, che sono munite di griglia per-

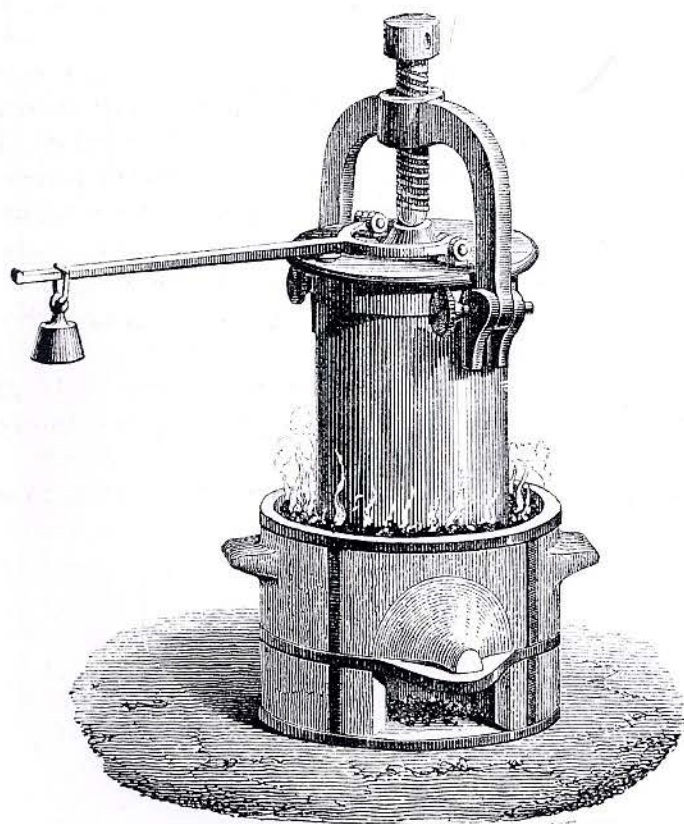
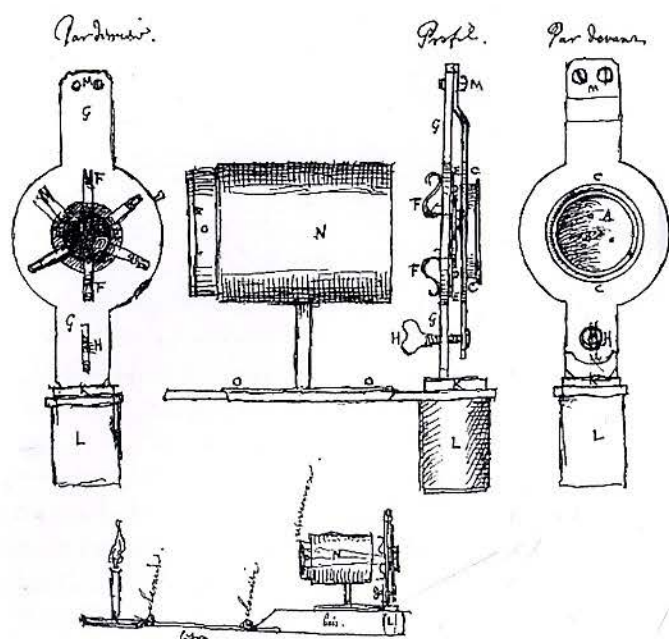
ché le valvole di pelle non entrino nel tubo. Restando allora il tubo in tal modo vuoto, o quasi vuoto, d'aria, l'aria esterna comprime con grandissima forza lo stantuffo D e lo costringe ad entrare nel tubo, al che esso trascina con sé la corda DK e il peso G, o qualsiasi altra cosa che vi sia attaccata<sup>6</sup>.

Huygens tentò, quindi, di trasformare quel moto lineare in rotativo continuo, utilizzando la povera pirica! L'idea, quale che ne potesse essere l'applicazione, restò, per sua fortuna, soltanto allo stato d'intenti. Il relativo criterio informatore però, uno stantuffo in un cilindro mosso dalla pressione di un fluido fatto dilatare con il calore, nella fattispecie vapore, premessa per il relativo motore, trovò ulteriore adozione proprio da parte del un suo discepolo, Denis Papin, 1647-1712. Papin non era un tecnico, ma un

<sup>6</sup> Da C. HUYGENS, *La macchina a polvere da sparo*, citazione tratta da F. KLEMM, *Storia della tecnica*, Milano 1959.







In alto: schizzo di macchina termica a combustione interna alimentata a polvere pirica.

Sopra: stampa ottocentesca raffigurante la pentola di Papin.

medico che sia pure per pochi anni esercitò effettivamente la professione, lasciandola per partecipare alle ricerche di fisica condotte da Huygens. Costretto per ragioni religiose ad abbandonare la Francia nel 1680 riparò in Inghilterra dove riprese i suoi studi protetto da Robert Boyle, 1627-1691, che lo volle al suo fianco. E proprio in quello stesso anno realizzò la sua marmitta a pressione, che chiamò *digestore*.

### *La pressione del vapore contro la fame*

Consisteva in uno spesso recipiente metallico dotato di un coperchio superiore a chiusura ermetica, mantenuto in sede da una robusta staffa, munita di una valvola di sicurezza. L'acqua in essa contenuta poteva perciò raggiungere temperature superiori ai 100° senza bollire per l'accrescersi della sua pressione, trasformando così la marmitta in una antesignana caldaia a vapore, tant'è che il passaggio all'applicazione successiva, ovvero alla macchina a vapore propriamente detta, richiese pochi anni appena.

Nel frattempo il suo digestore garantiva cospicui risparmi energetici e la possibilità di trasformare in cibo gradevole anche gli scarti animali e vegetali. La sua invenzione, infatti, era partita proprio dal desiderio di consentire ai meno abbienti di nutrirsi con le ossa e altri residui della macellazione, nonché erbe coriacee, rendendoli però digeribili se non pure gradevoli al palato.

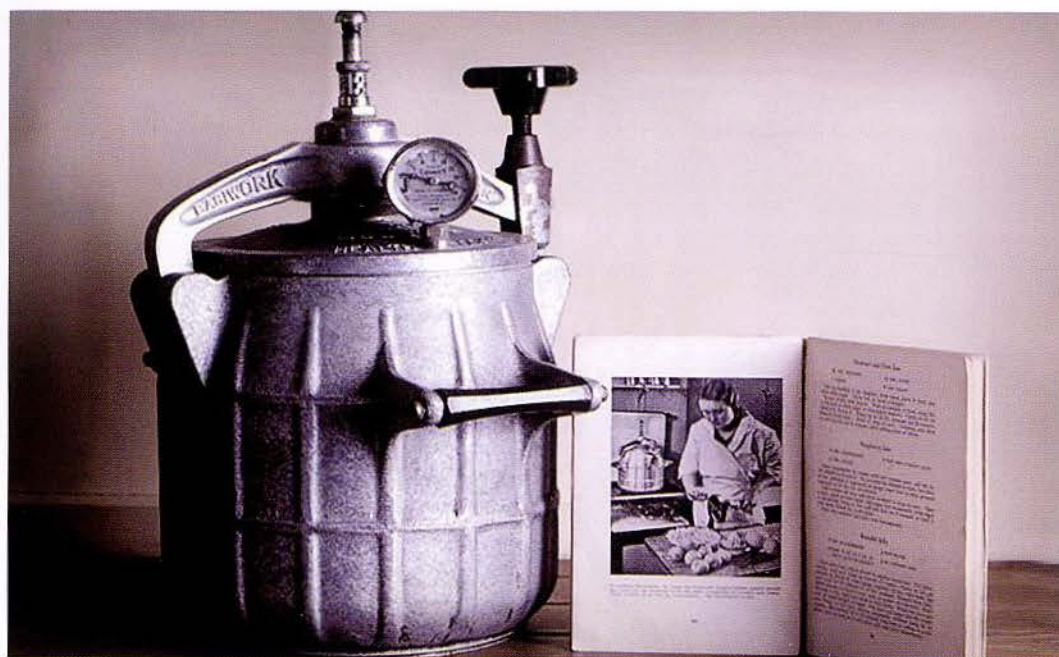
L'intento fu esplicitato in una sua comunicazione alla Royal Society del 1679 in cui descrisse le modalità d'impiego della sua marmitta a pressione, facendone risaltare i vantaggi di poter cuocere le ossa e qualsiasi tipo di carne con meno tempo e, soprattutto, con meno spese. L'argomento fu da lui stesso riproposto l'anno successivo in una pubblicazione intitolata:

*La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi<sup>7</sup>.*

L'opuscolo vide la luce anche a Londra, col titolo persino più esplicito e dettagliato:

<sup>46</sup> D. PAPIN, *La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi*, Parigi 1680.





*A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying: with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford*<sup>8</sup>.

Oltre alle conferenze e alle pubblicazioni, per divulgare la sua invenzione Papin organizzò pure delle degustazioni con pietanze cotte con la sua marmitta. A una di esse, a favore della Royal Society, tra i tanti invitati vi fu pure il celebre orticoltore John Evelyn, 1620-1706, che ne lasciò questa testimonianza nel suo diario:

*1682, 12 aprile: sono andato questo pomeriggio con diversi della Royal Society per una cena nella quale tutto era stato preparato, sia che fosse a base di pesce che di carne, col digestore del signor Papin, con il quale le più dure ossa di manzo e di montone, sono stati resi morbidi come formaggi, senza aggiunta di acqua o altro liquido, e con meno di otto onces di carbone, producendo una quantità incredibile di sugo, e per la chiusura della*

*cena, una gelatina fatta di ossa di manzo, il meglio per il sapore e per il buon gusto, e la più deliziosa che avessi mai visto, o assaggiato. Mangiamo pure lucci e altre lische di pesce, e sempre senza disgusto... ma niente ha superato i piccioni, che ho assaggiato come una torta, stufati nel loro brodo senza alcuna aggiunta di acqua...*<sup>9</sup>.

La pentola a pressione, oltre alla cottura economica dei cibi scadenti, dimostrava senza ombra di dubbio la potenza del vapore prodotto dall'ebollizione dell'acqua e

nel 1687 lo stesso Papin costruì una macchina che in qualche modo lo confermava. Si trattava di un cilindro con stantuffo che, sollevandosi quando l'acqua contenuta nel cilindro iniziava a bollire e tornando poi nella posizione di riposo forniva un lavoro utile. A questa basilare esperienza, che può considerarsi già un motore a vapore, seguì un progetto di macchina nella pienezza della definizione che utilizzando sempre il medesimo principio, sollevava l'acqua nelle miniere. Si trattava, senza dubbio, di un archetipo embrionale di macchina a vapore, ma fu quella che consentì nel 1705 a Thomas Newcomen, 1664-1729,<sup>10</sup> di costruire il suo enorme motore, che però richiederà ancora 60 anni per essere ottimizzato da James Watt, attingendo allora dimensioni e consumi compatibili con l'istallazione sui veicoli terrestri e navali.

<sup>9</sup> Dal *Diario e Corrispondenza di John Evelyn*, uno dei fondatori della Royal Society. Il *Diary* fu pubblicato nel 1818 e abbraccia gli eventi compresi tra il 1640 e il 1716 proponendosi come una fonte dettagliata di notizie della coeva cronaca.

<sup>10</sup> Sulla figura professionale e sulle invenzioni di Thomas Newcomen cfr. T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968, pp. 368 e sgg.

<sup>8</sup> D. PAPIN, *A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying: with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford*, Londra 1681.

In alto: un moderno esemplare della pentola di Papin.



## Il motore a vapore

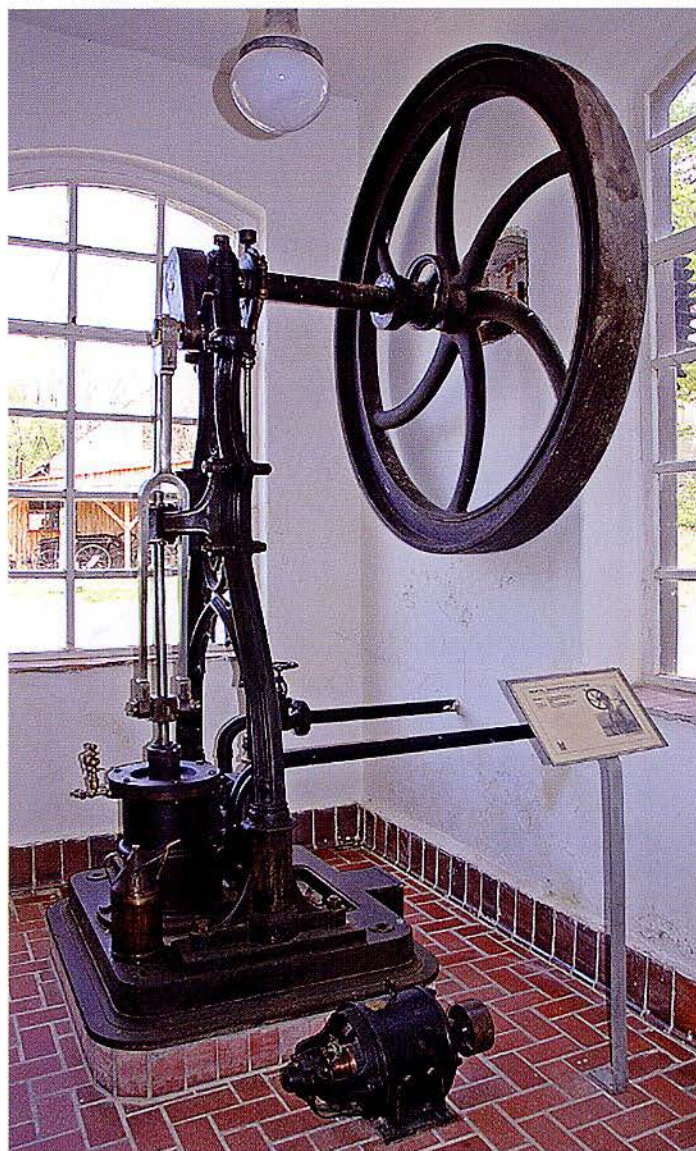
Il motore a vapore, con tutti i problemi che la sua adozione comportava, con tanto di caldaia e di ciminiera, iniziò a volare nel 1852 in Francia, sospeso in una apposita navicella appesa sotto un pallone molto allungato, di forma vagamente lenticolare. Ed essendo in grado di dirigersi, sia pur molto stentatamente, quel singolare pallone riempito di idrogeno fu chiamato *dirigibile*, ma solo sul finire del XIX secolo, per l'esattezza nel 1898, che fu finalmente disponibile un motore termico a combustione interna. Per restare ancora ai motori a combustione esterna per l'impiego aeronautico vale la pena di spendere qualche parola in più non fosse altro per una sua curiosa ricomparsa intorno agli anni trenta, della quale ben poco si conosce.

Il motore a vapore di tipo alternativo può schematicamente dividersi in due parti fondamentali: la caldaia, o generatore di vapore, che produce il vapore riscaldando l'acqua, e il gruppo cilindro-stantuffo che azionato dall'espansione del vapore genera il movimento. In linea di massima, almeno inizialmente la caldaia era un lungo recipiente cilindrico nel cui interno, in corrispondenza della bocca, in un apposito *focolare*, veniva fatto bruciare del carbone *camera di combustione*. Esattamente come in una caffettiera di tipo *Moka express* il riscaldamento dell'acqua produceva vapore sotto pressione che una valvola di sicurezza provvedeva a far decomprimere in caso di surriscaldamento.

Nella parte superiore della caldaia vi era il *duomo*, ovvero l'ambiente dove il vapore si separava dall'acqua avviandosi alla condotta d'utilizzo, e quindi al distributore ed al cilindro.

Per migliorare i rendimenti delle caldaie, i gas roventi prodotti dalla combustione vennero fatti passare attraverso un fascio di tubi immersi nell'acqua, aumentando così la superficie di scambio e la velocità di riscaldamento. Oltre ad una siffatta caldaia, nota anche col nome di *Cornovaglia*, ne venne realizzata pure un'altra praticamente simmetrica: nei tubi circolava l'acqua e al loro esterno i gas roventi. Dal momento che l'acqua sotto pressione era nei tubi e non nella caldaia, l'eventualità di una sua esplosione per malfunzionamento della valvola di sicurezza erano inesistenti, per cui venne definita *non esplodente*. Con la caldaia a tubi d'acqua si inizia a studiare la produzione veloce del vapore.

Il combustibile usato nelle caldaie, inizialmente era il legname, poi sostituito dal carbone ed infine da idrocarburi liquidi, che implicavano al posto del focolare un bruciato-

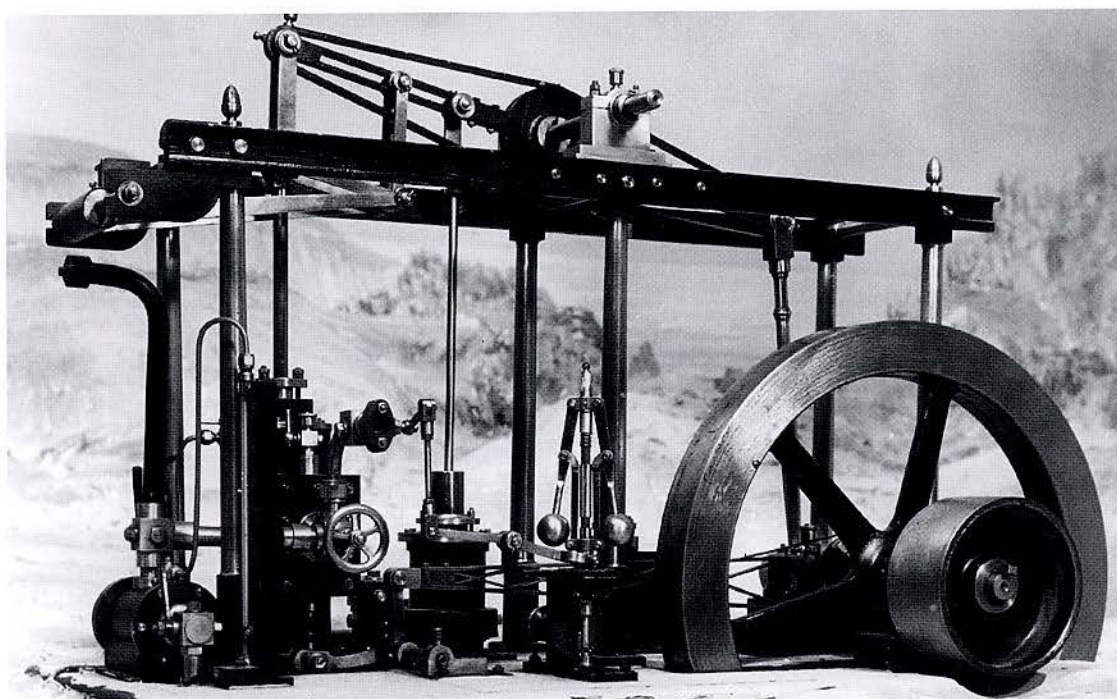


re cioè un dispositivo capace di iniettare nella camera di combustione sia il combustibile che il comburente nella giusta dose.

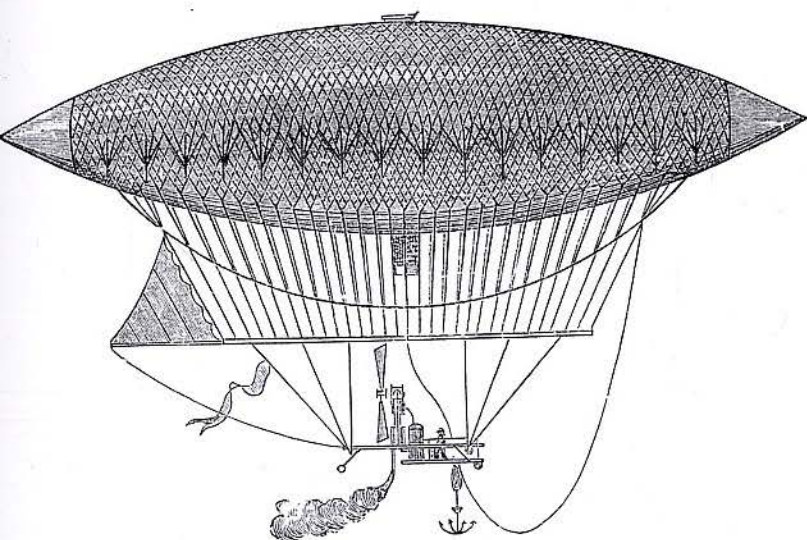
Quando si parla di macchina a vapore tutti siamo portati ad immaginare una locomotiva nera e sbuffante, pesante e lenta, con le sue alte ciminiere ed un enorme *tender* carico di carbone. Ed in effetti la prima applicazione a veicoli semoventi del motore a combustione esterna è in sostanza riconducibile a tale stereotipo, che nella fattispecie rende difficile immaginarne l'adozione in aeronautica, anche per i soli dirigibili.

Almeno due le sue più vistose inadeguatezze al volo: la lenta attivazione iniziale, ovvero l'attesa che l'acqua bollesse generando il vapore, e la necessità di una cospicua





scorta di combustibile, quale che fosse, da introdurre nella caldaia magari con la pala. Pur essendo, per quanto in precedenza ricordato il peso della macchina un fattore non dirimente per i dirigibili ai quali l'idrogeno garantiva una spinta ascensionale di circa 1 kg per mc, non può ignorarsi che collocare a stretto contatto un grosso involucro ripieno di idrogeno con un congegno che, anche trascurandone la caldaia, emetteva miriadi di faville incandescenti, costituiva nella migliore delle ipotesi un gravissimo rischio.



Vi fu però una seconda tipologia di motore a vapore ottenuto mediante diversi criteri informativi, appositamente elaborati per impiego propulsivo leggero, quali aviazione e autoveicoli, rispetto al tradizionale ferroviario.

Fino alla metà del XIX secolo lo stantuffo di un motore a vapore era alimentato alternativamente su entrambe le facce, a differenza di quanto avviene invece in motore a scoppio. A partire da quella data, invece, i motori pur conservando la medesima soluzione per ciascun cilindro, ne ebbero però diversi affiancati per meglio sfruttare le pressioni decrescenti di uscita dai singoli cilindri, definendosi perciò a doppia espansione o a tripla espansione.

Ovviamente i vari cilindri, che lavoravano in cascata con pressioni sempre minori, avevano diametri progressivamente maggiori in modo da compensare tale perdita. Da lì alla realizzazione di motori a vapore a più cilindri uguali con una sola espansione, il passo fu breve e di fatto li rese simili ai motori a scoppio a più cilindri che, nel frattempo, si andavano elaborando. Il numero di cilindri serviva, infatti, a consentire un incremento di potenza senza ricorrere a dimensioni assurde.

Nella pagina a fianco: *Archetipo di motore a vapore.*  
In alto: *ulteriore archetipo di grande macchina a vapore.*  
A fianco: *dirigibile a vapore di Henri Giffard.*





### *L'aereo a vapore*

Il volo del dirigibile a vapore confermò due fondamentali adozioni: quella del motore e quella dell'elica. La prima serviva a garantire, alla seconda di girare, premessa indispensabile per il moto nell'aria, mancando qualsiasi altra superficie di contatto. Questa connotazione sarebbe stata la medesima, anche per un eventuale mezzo volante più pesante dell'aria che, nella seconda metà dell'ottocento, restava ancora un traguardo utopico proprio per la mancanza di un'adeguata forza motrice. Nell'aereo, infatti, il motore oltre a determinare la propulsione avrebbe dovuto anche fornire il sostentamento in quota, ovvero sviluppare una sufficiente portanza. Questa, essendo funzione della velocità rispetto all'aria, implicava potenze fino ad allora indisponibili nella necessaria leggerezza. Il motore a vapore del Giffard, ad esempio, con i suoi scarsi 3 hp, non si prestava in alcun modo a fornire la spinta necessaria per il sollevamento. Costituiva soltanto un interessante precedente di cui tenere debito conto. E fra primi ad intraprendere la strada dell'elaborazione di un motore a vapore sufficientemente leggero e potente per far innalzare un velivolo più pesante dell'aria, vi fu un altro ingegnere francese: Clément Ader<sup>11</sup>.

Nato nel 1841 a Muret e deceduto nel 1925 a Tolosa, diplomatosi ingegnere nel 1857 si dedicò all'attività d'inventore. Tra le sue invenzioni più note un apparecchio telefonico che perfezionava quello di Bell, comparso nel 1880, il primo a riunire in una unica impugnatura l'auricolare con il microfono, soluzione da allora rimasta immutata e che gli fruttò notevoli proventi. A partire dagli anni '70 iniziò ad interessarsi del volo ed in particolare della portanza. Grazie a dei finanziamenti segreti avviò lo studio e la realizzazione di tre apparecchi per il volo. Il primo da lui battezzato *Eole* fu disponibile nel 1890 e il 9 ottobre venne provato sulla pista.

Stando alla sua testimonianza, suffragata per la verità da alcuni osservatori, quella stranissima macchina sarebbe stata il primo aeroplano della storia in quanto riuscì a sollevarsi sia pure di pochi centimetri per un tratto di appena cinquanta metri. Seguì un secondo volo nel 1891, osservato con attenzione dalla dirigenza militare che gli commissionò un secondo aereo. Questo, definito *Avion II Zephyr*, monterà un motore a vapore bicilindrico ultra leggero ca-

In alto: raffigurazione del brevissimo sollevamento dell'*Eole*. Nella pagina a fianco: in alto, ritratto di Ader e raffigurazione di un pipistrello con le ali spalancate; sotto, raffigurazione grafica e prototipo dell'*Avion III*.

<sup>11</sup> Cfr. P. LISSARAGUE, *Clément Ader, inventeur d'avions*, Tolosa 1990.





pace con soli 35 kg di erogare ben 20 hp. Tuttavia sarà soltanto con il terzo prototipo, l'*Avion III Aquilon*, che i gravi problemi d'instabilità dei precedenti apparecchi troveranno soluzione, dal momento che tutti i prototipi non avevano alcun sistema di guida direzionale<sup>12</sup>.

Le sue caratteristiche fondamentali possono così riassumersi: apertura alare m 16, superficie mq 56, peso al decollo kg 400 compreso il pilota, motore da 15 hp, a vapore alimentato con una miscela di alcool, azionante due grandi eliche.

<sup>12</sup> Cfr. F. MATHIAS, *L'Avion III de Clément Ader, Musée des Art set Métiers*, 2003.

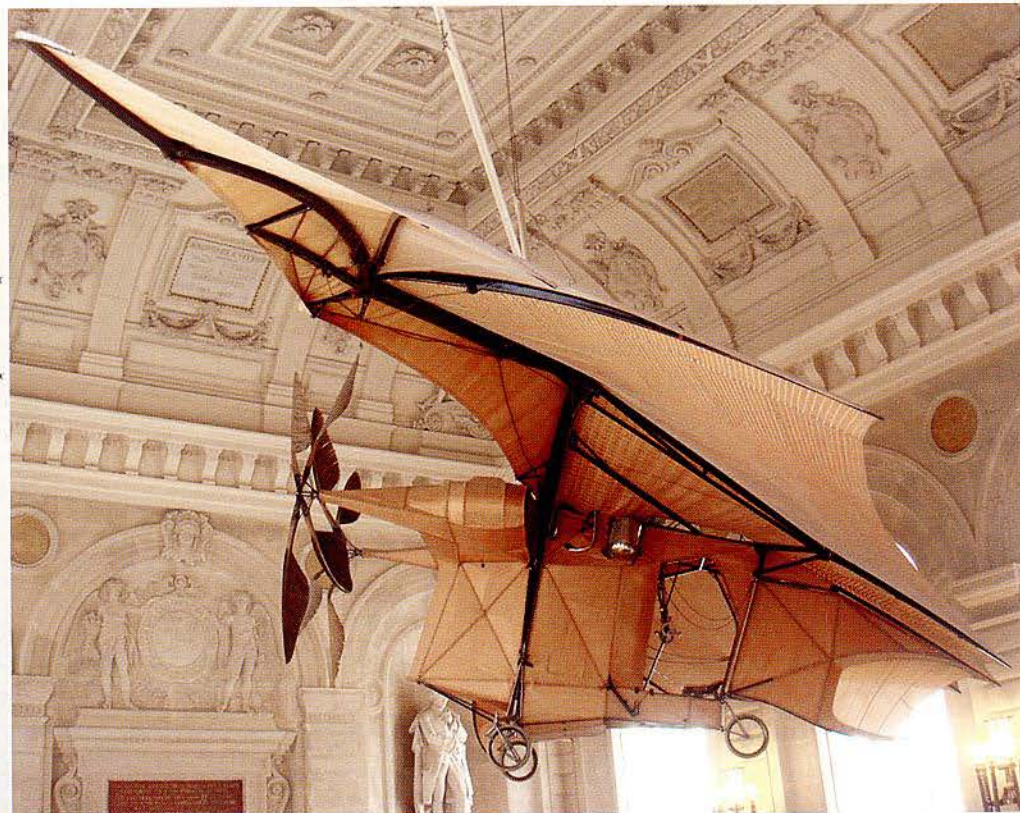
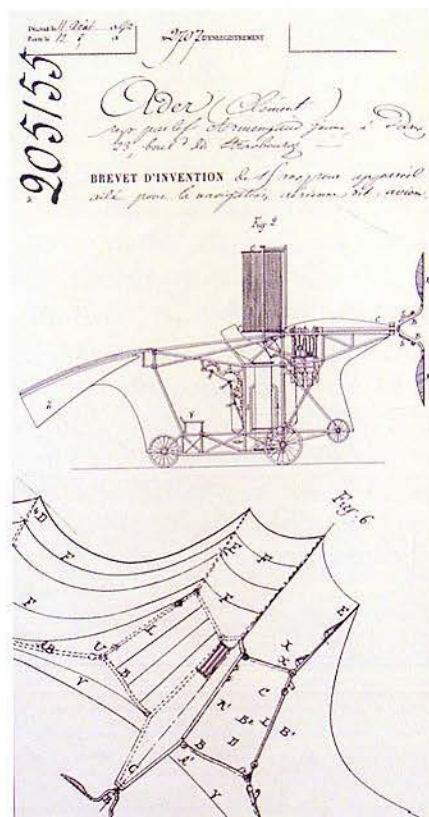
Dal punto di vista formale l'*Avion III* ricorda un gigantesco pipistrello, con due grosse eliche anteriori azionate da un unico motore con una trasmissione a V, poggiato su un carrello a tre ruote. Alla presenza di una apposita commissione militare l'*Avion III*, il 14 ottobre del 1897 decollò a Satory, percorrendo circa 300 m.

Le condizioni meteorologiche erano pessime per cui l'aereo si guastò all'atterraggio. Il ministero della Guerra a quel punto interruppe i finanziamenti, fino a quel momento costati quasi l'equivalente di 8 milioni di euro. Purtroppo a causa del segreto militare di quel volo non si seppe gran che per cui il primato passò ai fratelli Wright.

In quegli stessi anni anche un altro inventore, però di nazionalità americana, si stava cimentando con il volo del più pesante azionato da un motore a vapore: sir Hiram Maxim, 1840-1916.

Dopo un colossale biplano progettato e costruito nel 1892, al quale non arrise alcuna fortuna nonostante la grandiosità dei mezzi impiegati, fu la volta di un più ragionevole esemplare, sempre biplano.

Il nuovo apparecchio, dalla forma senza dubbio più evoluta dell'*Avion III*, venne approntato nel 1894, ed era in grado di sollevarsi con più persone a bordo. Nel corso di una prova con tre uomini di equipaggio, non dispen-







do di alcun sistema di guida al pari dei consimili di Ader, Maxim lo fece schiantare senza però vittime. Danneggiatosi irreparabilmente venne abbandonato. Anche questo prototipo montava un motore a vapore bicilindrico, molto leggero e di discreta potenza.

Maxim, tuttavia, passerà alla storia delle invenzioni non per il suo biplano a vapore ma per la mitragliatrice, che da un certo momento in poi trovò pieno impiego proprio sugli aerei da caccia.

### *Ricompare il motore a vapore*

La comparsa dei motori a V e stellari è probabilmente alle spalle di un'inaspettata ricomparsa del motore a vapore aeronautico, sia in configurazione a V che radiale. Una

rivista statunitense del 1933<sup>13</sup> pubblicò un servizio su uno strano aereo biplano da turismo propulso da un motore a vapore bicilindrico a V, collocato nel muso dello stesso. In dettaglio la caldaia, a forma di pentolone è di tipo istantaneo e trova ubicazione immediatamente davanti al posto di pilotaggio, mentre il suo condensatore sta al di sotto, ovviamente esposto al vento. Il motore propriamente detto, invece, è collocato quasi dietro alla cuspide della prua,

<sup>13</sup> Da *Popular Science*, vol. 123, nel suo n°1.

Sopra: *mitragliera navale di Maxim.*

Nella pagina a fianco: *motori radiali a vapore per aviazione.*



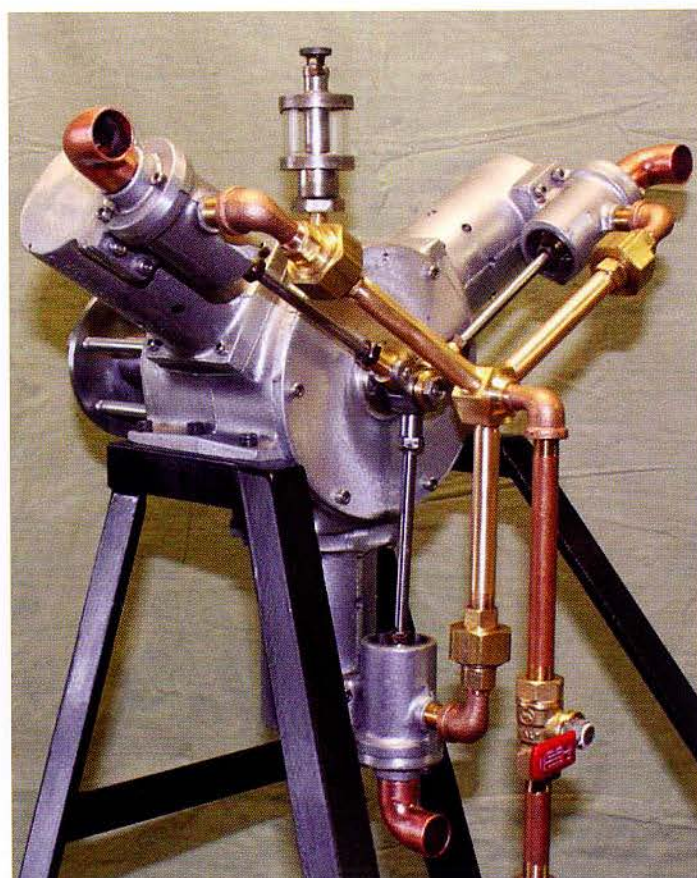


a contatto con il mozzo dell'elica: i suoi due cilindri fuoriescono dalla carenatura dorsale, raccordandosi con un grosso tubo alla caldaia.

L'aereo, costruito in California, spicca per la sua silenziosità, (va ricordato che i coevi motori a stella o in linea non avevano alcun silenziatore e in funzione erano assordanti) e per assenza di asfissianti gas di scarico, che peraltro nessuno all'epoca supposeva fortemente tossici, decolla tra sbuffi di bianco vapore che, già all'avvio del motore, circondano la carlinga.

A circa 1600 giri al minuto, quel singolare motore erogava, stando all'articolo, una potenza di 150 CV e la sua riserva di acqua era sufficiente per un'autonomia di 400 miglia, oltre 600 km. I vantaggi decantati, oltre alla silenziosità, non insignificante in ambito militare, soprattutto quando ancora gli aerei nemici erano individuati solo con gli aerofoni, la scarsa infiammabilità e la sua notevole autonomia. La caldaia, infatti, bruciava gasolio, quanto di più lontano si possa immaginare dalla benzina avio, e dalla sua propensione ad incendiarsi.

Vi era, però, un altro vantaggio ancora, che nell'articolo non mancava di essere ampiamente evidenziato, proprio

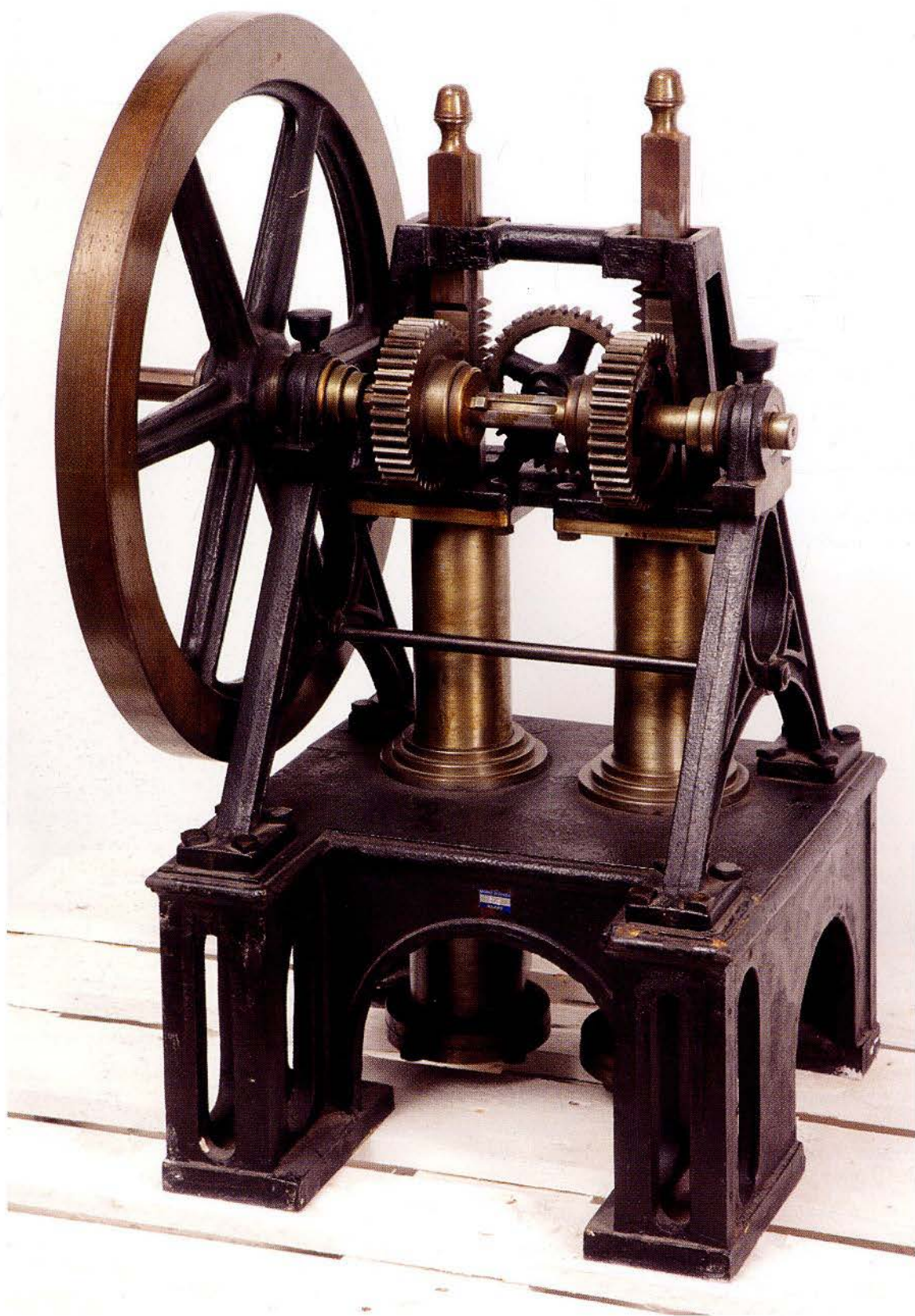


quando con i compressori si cercava di favorire l'alimentazione dei motori in alta quota: quel motore a vapore, bruciando richiedeva poco ossigeno, riuscendo perciò a volare dove i normali stentavano.

Forse per emulare l'interesse suscitato da quella realizzazione e forse in maniera del tutto indipendente, si rintraccia un secondo motore a vapore per impiego aeronautico, realizzato nel 1933. Nella fattispecie si tratta di un motore a stella a 3 cilindri disposti a 120°: evidentissima la somiglianza con un analogo a benzina. Anche in questo caso la combustione in caldaia avveniva bruciando gasolio, con un'erogazione di 70 CV, e un numero di giri massimo di 2000 al minuto. Identica la disposizione della caldaia e del condensatore, diversa quella dei serbatoi dell'acqua posti appena dietro ai cilindri, sul cui albero stava fissata un'elica a 4 pale.

Un esemplare, perfettamente ricostruito nel 2000, è attualmente esposto nel *Savannah Science Museum*.







## CAPITOLO QUARTO

### *Dal cannone al motore a scoppio*

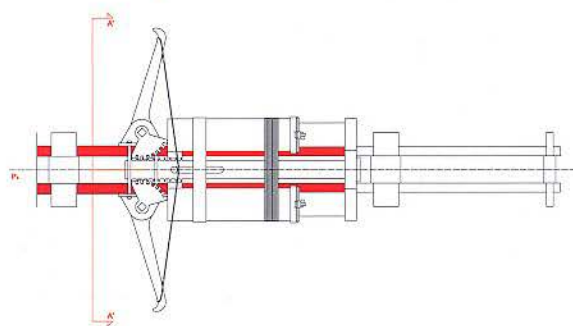
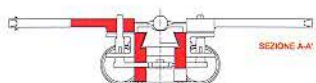
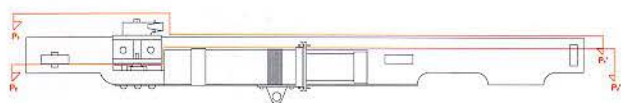
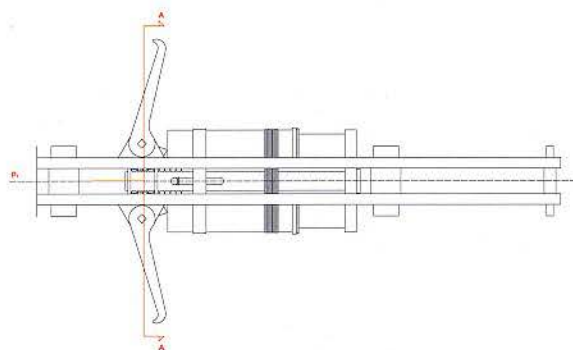
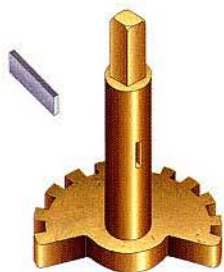
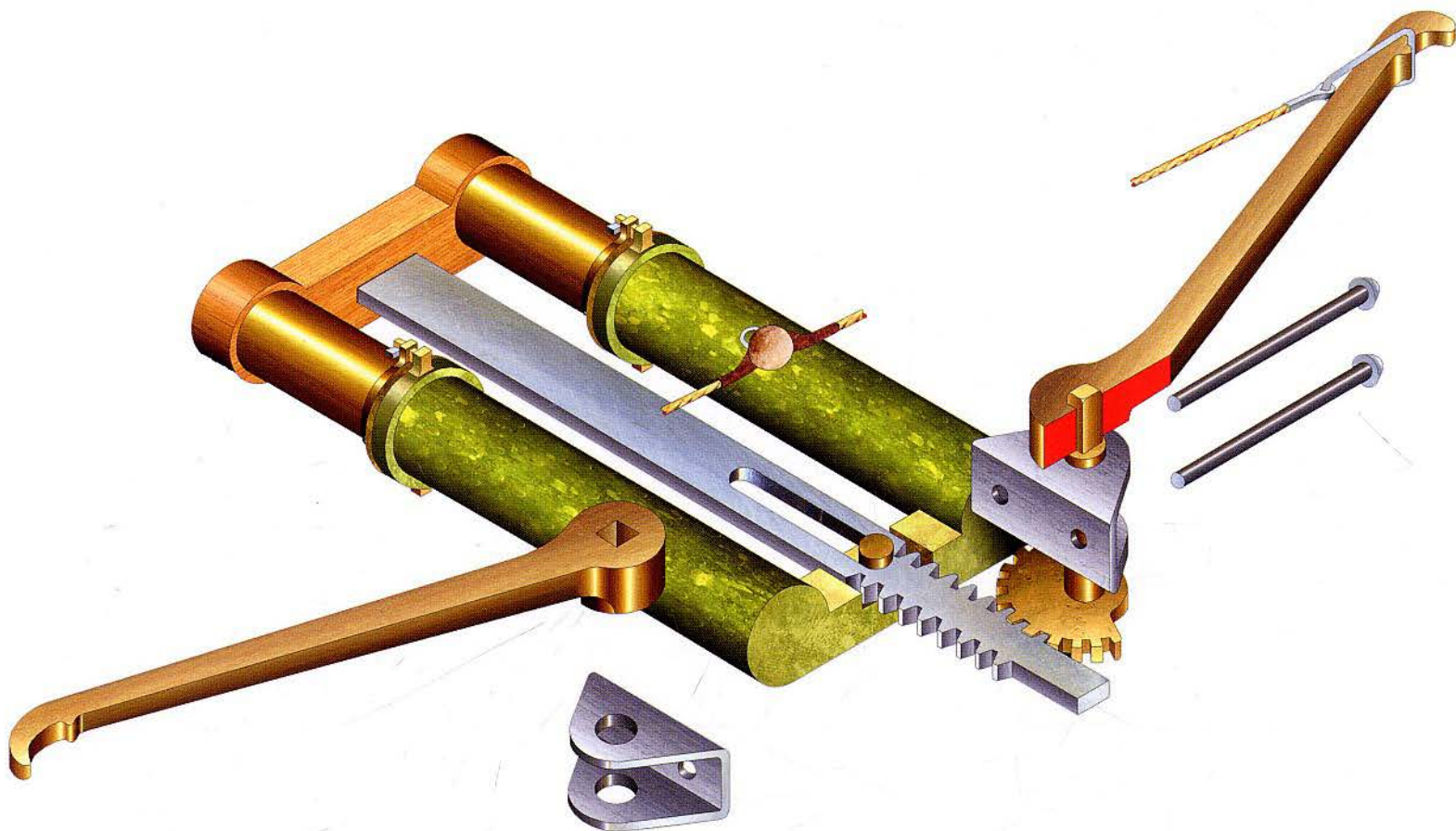
L'idea che un gas compresso potesse compiere un lavoro espandendosi fino alle condizioni normali, cioè comportarsi da motore, la ebbe per primo Ctesibio.<sup>1</sup> Più verosimilmente, fu il primo di cui troviamo riscontro attendibile nelle fonti scritte circa una sua balista ad aria compressa. Per individuare un secondo motore di analoga concezione si deve attendere l'esordio della artiglieria a polvere, oltre un millennio dopo. La bombarda prima ed il cannone poi, infatti, altro non furono che motori a combustione interna alimentati a polvere pirica: al posto dello stantuffo la

<sup>1</sup> Per approfondimenti cfr. F. Russo, F. Russo, *Techne. Il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica*, Roma 2009, vol. I, pp. 255-260.

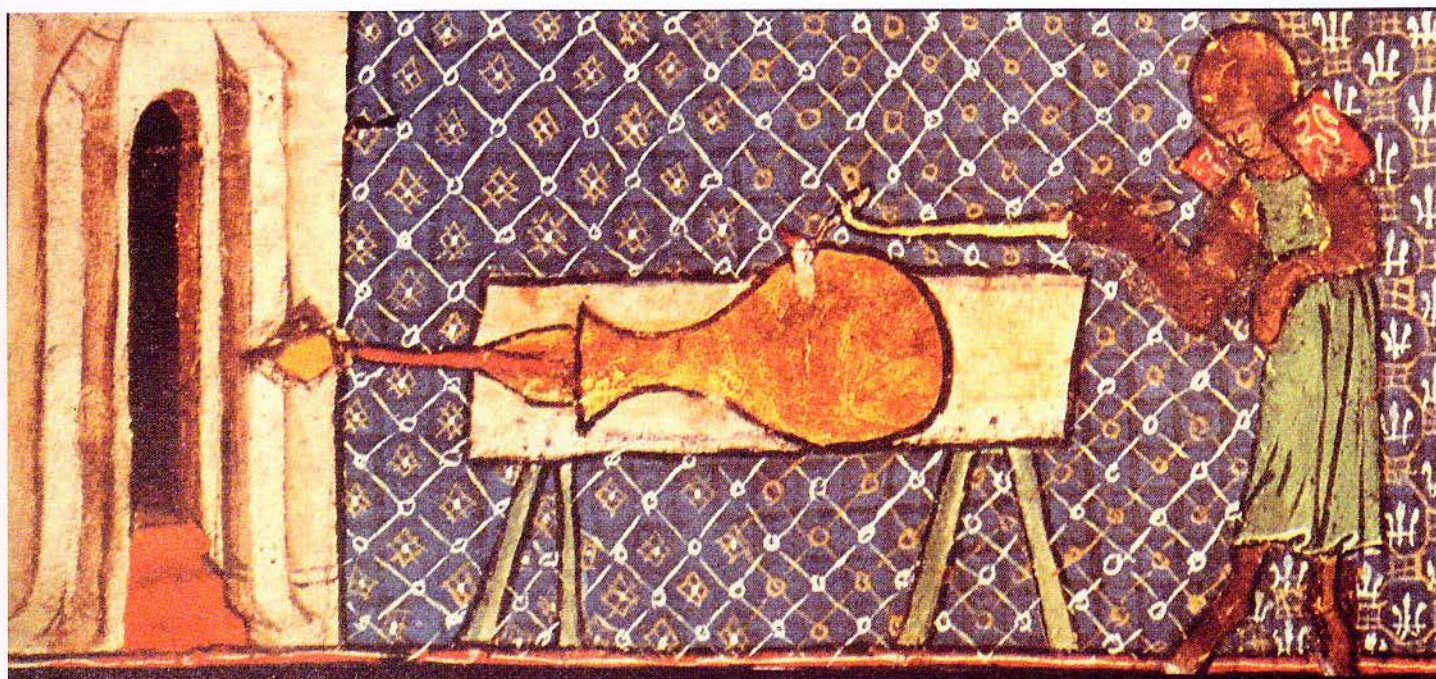


Sopra e a lato: Raffigurazioni classiche tratte da stampe relative al filosofo meccanico dell'antichità Ctesibio.  
Nella pagina a fianco: una delle prime versione del motore a scoppio Barsanti-Matteucci.







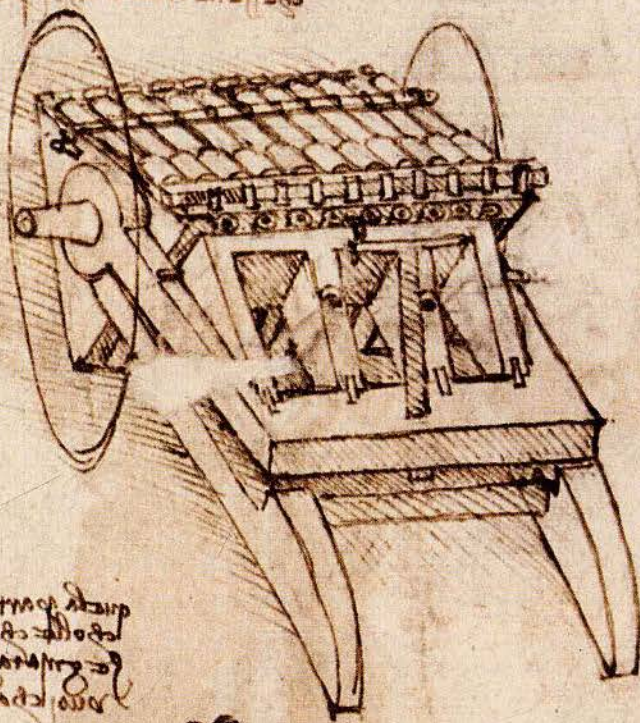


Nella pagina a fianco: ricostruzione grafica tridimensionale della balista a molle d'aria attribuita a Ctesibio.

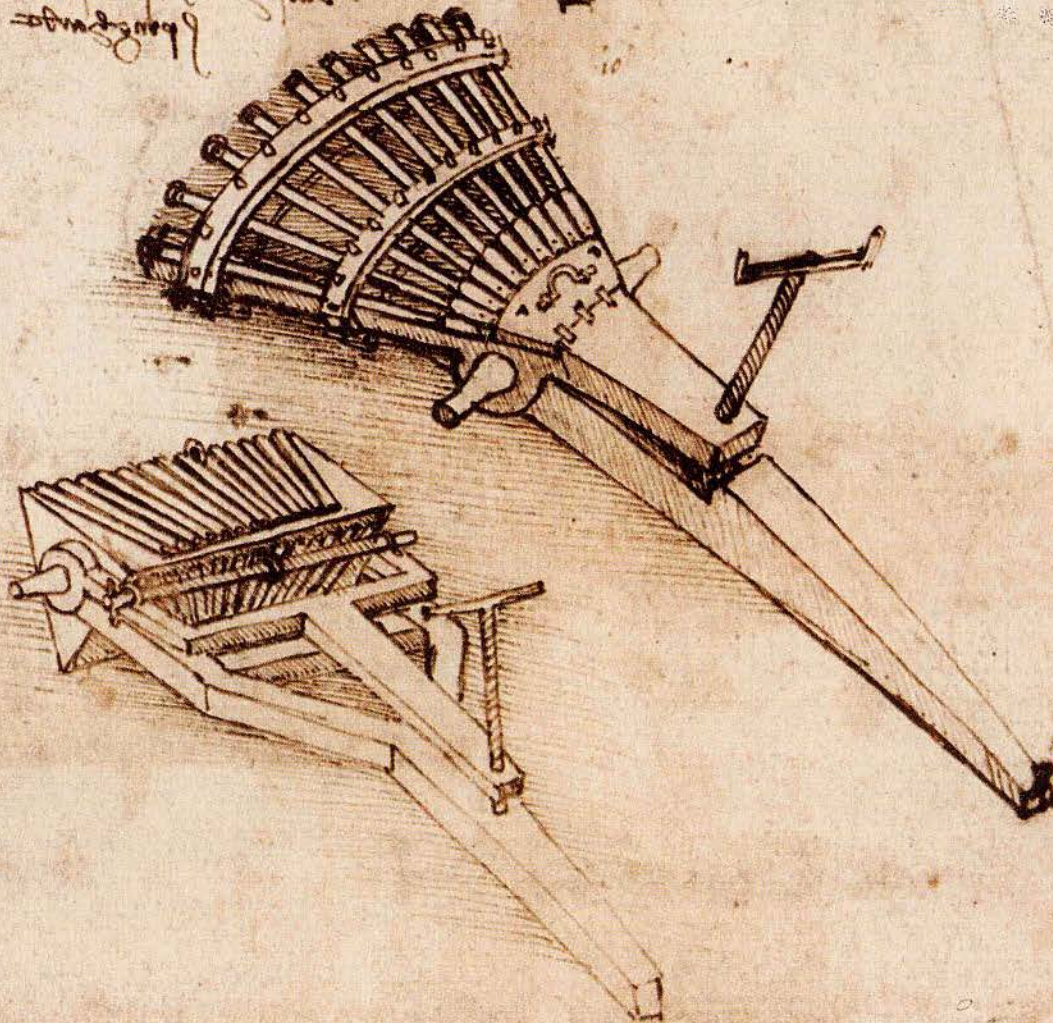
In questa pagina: dall'alto, miniatura di una probabile bocca da fuoco probabilmente usata per scagliare frecce, immagine tratta dal manoscritto *De Nobilitatibus sapientii et pruedentiis regume manuscript* (1326) di Walter de Milemete; ricostruzione in grandezza naturale della stessa; grosso mortaio e bombarda a doghe di ferro cerchiato del XV secolo.



Handwritten text in a cursive script, likely a description of the machine shown in the drawing above.



Handwritten text in a cursive script, likely a description of the machine shown in the drawing above.





palla, la cui corsa non cessava nel punto morto inferiore ma all'impatto col bersaglio! Quanto maggiore ne fosse stata la potenza tanto maggiore ne sarebbe stata l'utilità, se così si può dire. L'incremento del calibro – a lungo inteso come peso e non come diametro della palla – iniziò subito. Con altrettanta rapidità, tuttavia, si constatò che la corsa al gigantismo creava insormontabili problemi sia di costruzione che di trasporto e impiego delle bocche da fuoco, suggerendo perciò, più sensatamente, di disporre in un numero maggiore di più piccole ma dalla cadenza di tiro più frequente. Proprio quest'ultimo dettaglio, incentivò la costruzione di artiglierie con molte canne affiancate dette *organi*, per la somiglianza col noto strumento, invenzione ascrivita con italica sufficienza a Leonardo<sup>2</sup>. In realtà il grande artista si limitò a disegnarli magistralmente, sia in linea singola che nella variante rotante: e se nel primo si ravvisa il progenitore del motore termico con i cilindri in linea, nel secondo rotante la premessa del motore con i cilindri a V, in particolare divergenti di 120°.

Al di là dell'ovvio impiego bellico i fisici, sin dagli albori dell'età moderna, come ricordato, ravvisarono agevolmente le potenzialità motrici del cannone e la macchina azionata dal vapore di Denis Papin, contribuì paradossalmente a rinviare a tempo indeterminato l'elaborazione di un razionale motore a combustione interna. Fu solo grazie a un vero atto di fede, e non a caso a compierlo fu un religioso, che alla fine quella spasmodica ricerca ebbe un esito positivo. Nel 1854 il matematico padre Barsanti e il fisico Matteucci costruirono e brevettarono il primo concreto motore a combustione interna.

## MOTORE A SCOPPIO

### *La macchina a combustione interna*

Forse non fu un caso che quando, nel settembre del 1861, il neonato Regno d'Italia volle celebrare con l'Esposizione Nazionale di Firenze le sue ambizioni produttive palesò, piuttosto, le sue arretratezze, con un'unica straordinaria eccezione. Se, infatti, risultò arcaica l'agricoltura, asfittico

<sup>2</sup> Circa le presunte invenzioni leonardesche cfr. F. Russo, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*, Napoli 2008. Circa l'invenzione dell'organo rotante cfr. pp. 374-378.

Nella pagina a fianco: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 157 r, raffigurazione di un'arma multicanna detta organo.*

l'allevamento, rozzo l'artigianato ed embrionale l'industria, tra lo stupore dei visitatori uno strano congegno, rumoroso e puzzolente, costruito da un gracile prete e da un maturo ingegnere, venne fatto girare. Azzeccata parve a tutti la definizione di *motore a scoppio*: quanto agli impieghi concreti non se immaginavano affatto, nonostante i suoi 20 hp, potenza mostruosa per l'epoca se ottenuta senza caldaie, carboniere, rabbocchi d'acqua e fochisti! Un motore ideale per l'autotrazione, di cui però più che altro si fantasticava, osservando i suoi primi incerti passi, che impedivano anche ai più ottimisti di immaginare quanto imminente fosse l'avvento della carrozza senza cavalli né, meno che mai, quali e quante stravolgenti conseguenze avrebbe provocato nella società! Quanto poi alla propulsione aerea non rientrava neppure nelle più sbizzarrite fantasie! Quel motore non funzionava a benzina ma a gas e, per la verità, non serviva a null'altro che a confermare la sua fattibilità concreta.

Fin dal 1851 tra i due studiosi c'era stato un solido rapporto di amicizia. Le prime sperimentazioni furono compiute con un cilindro in ghisa munito di stantuffo e di valvole. Questo permise di studiare gli effetti del miscuglio detonante di ossigeno e idrogeno, aria e idrogeno, aria e gas. Le varie esperienze servirono a comprendere il problema dell'espulsione dei gas di scarico prodotti dalla combustione. All'inizio l'accensione della miscela avveniva con una piccola fiammella, poi questa soluzione fu abbandonata a favore della scintilla elettrica. Da tali esperimenti dedussero che la forza prodotta dalla rapida combustione dava una forte spinta allo stantuffo, che non arrivava tuttavia alla fine della corsa soltanto in due casi: con una carica di gas molto elevata oppure quando lo stantuffo era il più possibile libero durante la corsa di andata. Altra sorpresa per i due fisici italiani fu allorché notarono che quando lo stantuffo arrivava a "fine corsa" ritornava poi spontaneamente e velocemente indietro. Attribuirono la cosa alla condensazione dei gas che producevano un vuoto e conclusero che era la pressione atmosferica a far tornare indietro il pistone<sup>3</sup>.

Nel 1853, dopo alcuni importanti successi, i due italiani, a tutela della loro invenzione, decisero di depositare un plico sigillato presso l'Accademia dei Georgofili, contenente un rapporto su *alcuni nuovi esperimenti dei signori Barsanti e Matteucci*, il quale descriveva detta-

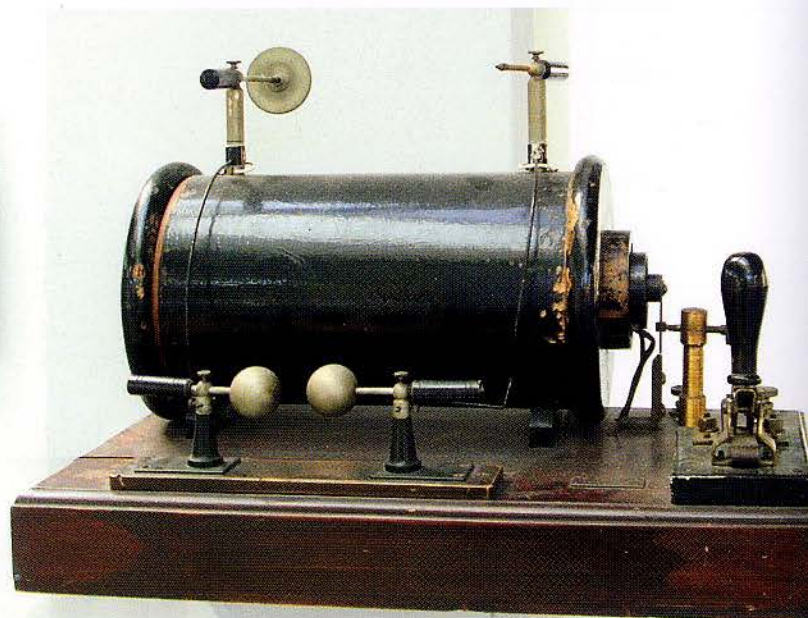
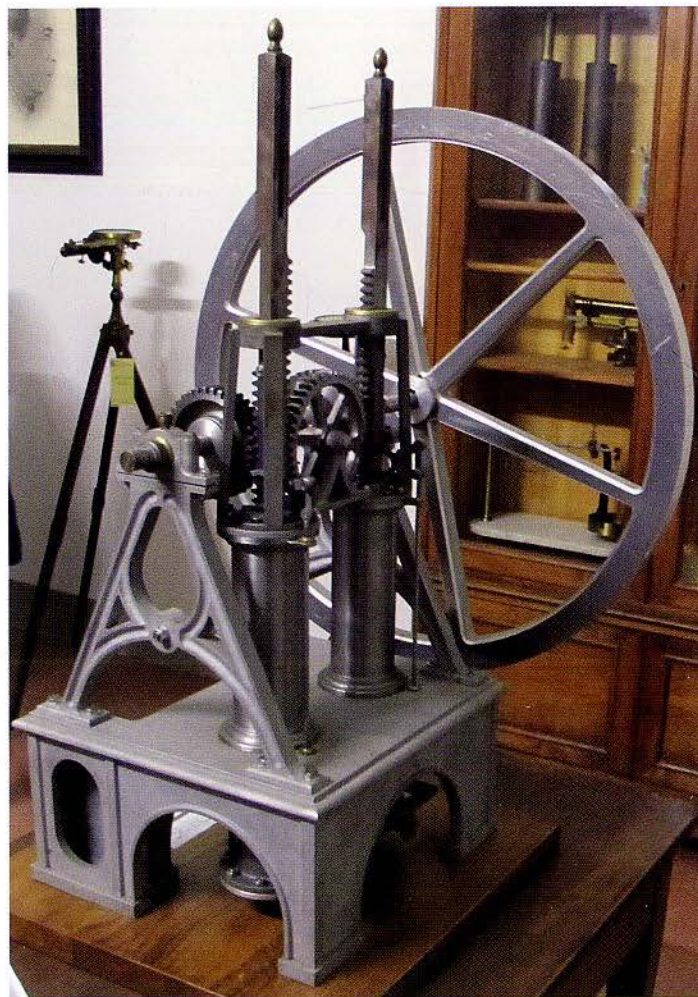
<sup>3</sup> Per una breve sintesi sull'invenzione del motore a scoppio, cfr. A. NEPI, *Storia e dati salienti sul Motore a scoppio*, in Trento Blog, 8.10 2016





gliatamente il loro motore. Tale motore era costituito da un cilindro verticale ed il suo principio di funzionamento era ad azione differita. Una miscela di aria e idrogeno veniva introdotta nel cilindro, tramite alcune valvole a cassettoni, veniva accesa da una scintilla prodotta da un apparato elettromagnetico di Ruhmkorff, e la sua combustione provocava il rapido innalzamento dello stantuffo. In questa fase, che chiameremo di espansione, non si produceva lavoro utile, cioè lo stantuffo era libero di muoversi lungo la sua corsa ascendente e si impegnava con l'albero motore solo nella fase discendente, essendo il suo moto collegato tramite cremagliera e ruota *matta*. Una volta che lo stantuffo di trovava nella sua massima quota, si verificava che il prodotto della combustione condensasse rapidamente provocando una forte depressione nel cilindro. Quindi lo stantuffo veniva richiamato violentemente verso il basso, sia dalla differenza di pressione tra l'interno e l'esterno del cilindro, sia dal suo peso. In questo modo Barsanti e Matteucci videro che era possibile ottenere il maggiore lavoro, a parità di carica utilizzata. Successivamente la carica veniva rinnovata o per mezzo di valvole, o grazie a uno stantuffo ausiliario. Dunque l'energia della combustione veniva immagazzinata in energia potenziale che solo in seguito veniva trasformata in energia meccanica. Furono svolte anche diverse prove con motori ad azione diretta, cioè cercando di sfruttare la fase di espansione come fase utile, ma i risultati furono decisamente peggiori di quelli ottenuti con il motore ad azione differita<sup>4</sup>.

Ma anche così restava modestissima la potenza, rigido il collegamento all'alimentazione, complicato il sistema di accensione: unico vantaggio una evidente leggerezza. Ovvero un rapporto peso/potenza molto basso, l'ideale



<sup>4</sup> Cfr. R. BAUDILLE, *Storia del Motore a Combustione Interna*, Università degli Studi di Roma 'Tor Vergata, Ingegneria Meccanica, pubblicazione 03.06.2003.



per l'impiego aeronautico. Ma, dal momento che le coeve esigenze riguardavano preminentemente i trasporti su rotaia o su acqua, le peculiarità di un motore termico più apprezzate erano esattamente il contrario, tipiche di quello a vapore. In altre parole il peso assurgeva addirittura a pregio per la trazione ferroviaria e per la stabilità navale!

Nonostante i suoi evidenti limiti il brevetto dei due inventori italiani, in assenza di un ente che lo garantisse fu presto copiato come attesta questa descrizione di un brevetto francese del 1858, tratta dal medesimo testo:

*Entro un cilindro verticale si dà moto a due stantuffi per contrari versi in guisa, che quando l'uno s'innalza l'altro si abbassa, e quindi ora si allontanano per l'intera corsa, ora si avvicinano tra loro fin quasi a contatto. Lo stantuffo inferiore ha per altro una corsa più breve del superiore, né mai è libero, trovandosi sempre collegato con l'asse motore. Il suo principale ufficio consiste nell'aspirare la miscela gassosa; riceve poi anche gl'impulsi della miscela esplosiva. Nell'angusto spazio che rimane tra i due stantuffi ravvicinati, viene introdotta la miscela mediante cassetto avente due canali, uno in comunicazione col gasometro, l'altro con l'atmosfera, ambedue muniti di valvola che si apre dal di fuori all'indietro per aspirazione. Questo cassetto è messo in moto da un eccentrico infisso sull'albero di un volante, e la miscela si accende con scintille tratte da un apparato elettromagnetico di Ruhmkorff. All'atto dell'infiammazione, lo stantuffo superiore, trovandosi libero, cede prontamente e senza scosse perniciose all'impulso della forza esplosiva, e si allontana dall'altro fino al termine della sua corsa, ove, per un semplicissimo congegno, va subito a impegnarsi con la resistenza. E come avviene che il corpo della*

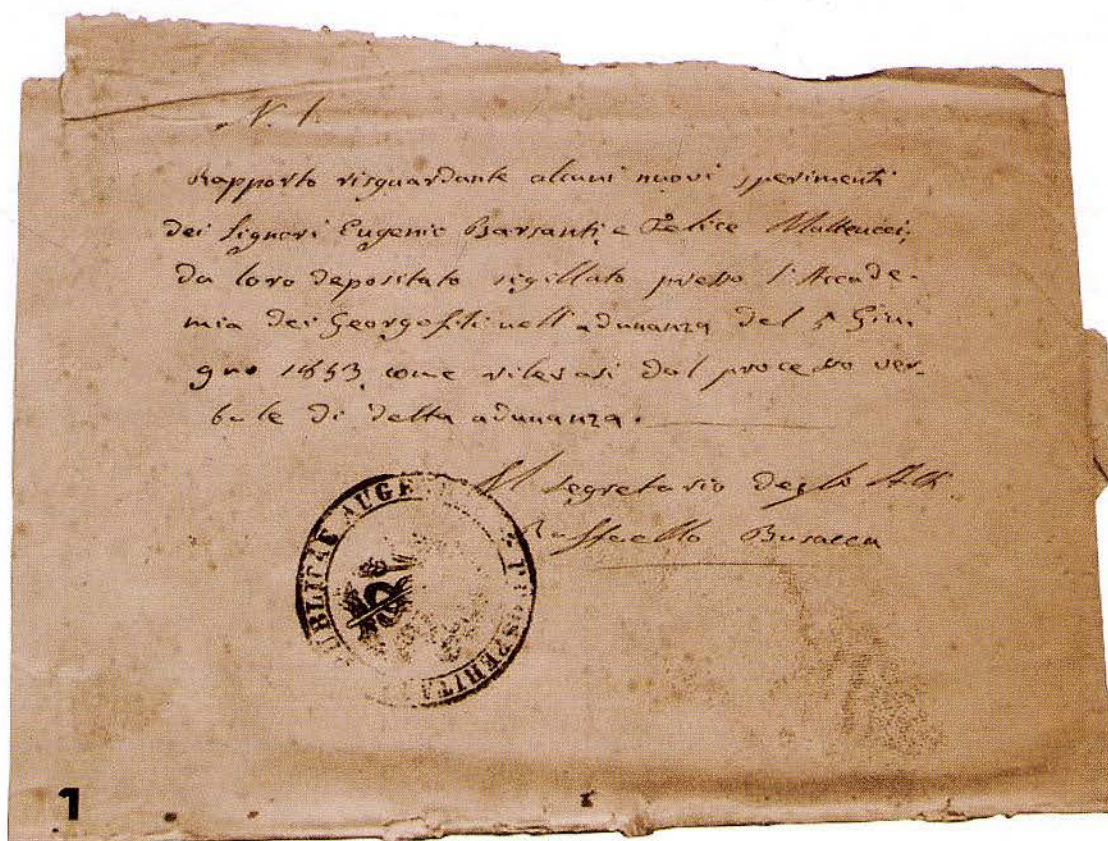
*pompa presto si scalda, così esso va munito di un viluppo, in cui circola l'acqua fredda che manda spruzzi continui anche nell'ampia camera formata dai due stantuffi. Ivi si condensano i gas e i vapori; ivi si genera per conseguenza una rarefazione che rende operativa sui medesimi stantuffi buona parte della pressione atmosferica, divenuta la forza motrice dell'apparato. Un secondo cassetto mosso da un altro eccentrico infisso sull'albero del secondo volante, perfettamente uguale al primo, espelle dal corpo di pompa i prodotti della combustione. Si comprende che la forza motrice cessa di agire appena i due stantuffi ritornano alla minore distanza ove di nuovo si introduce la miscela detonante; e per l'avvicinarsi di questo loro "va e vieni" si riproduce sempre l'effetto di raccogliere sui due volanti gl'impulsi successivi, facendoli cospirare, ossia trasformando questi impulsi in un moto conti-*

Nella pagina a fianco, in alto: Barsanti e Matteucci.

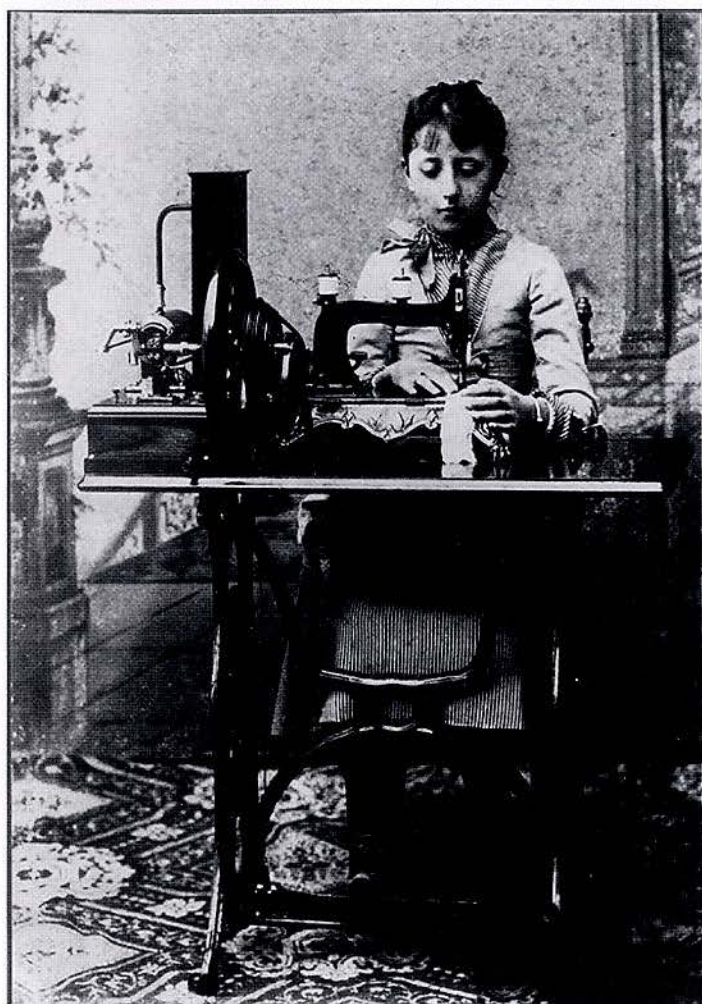
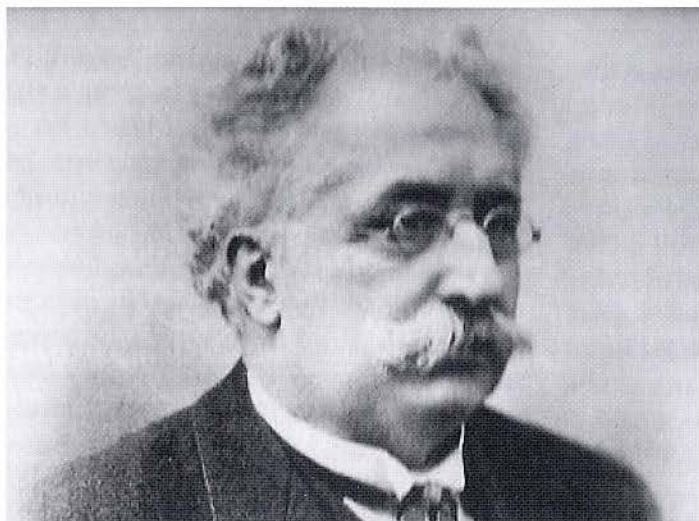
Nella pagina a fianco in alto a destra: il motore Barsanti e Matteucci con, ben evidente, la cremagliera a ruota matta.

Nella pagina a fianco in basso: il rocchetto Ruhmkorff.

Sotto: rapporto di presentazione del motore ideato da Barsanti e Matteucci all'Esposizione Nazionale di Firenze.







In alto: il professor Enrico Zeno Bernardi.

Sopra: la motrice Pia, il motore inventato dal professor Bernardi, applicato inizialmente ad una macchina per cucire.

Nella pagina a fianco: il motore di Bernardi impiegato in un rudimentale motoveicolo, e nel riquadro il dettaglio del carburatore.

*nuo circolare, suscettibile di esser versato in qualunque strumento produttore<sup>5</sup>.*

Nel 1882 il prof. Enrico Zeno Bernardi, 1841-1919, partendo dal motore Barsanti-Matteucci elaborò un motore a scoppio alimentato a benzina anticipando di ben due mesi a Karl Benz e Gottfried Daimler, i quali si erano avvalsi pure loro della benzina come combustibile del loro motore. L'inventore italiano chiamò quella sua macchina la "Motrice Pia", dal nome della figlia, e l'applicò ad una macchina per cucire. In pratica era:

*un piccolo motore leggero monocilindrico ad asse orizzontale, 4 fasi, ciclo Otto modificato e perfezionato, con cilindro in ghisa a doppia parete con camicia refrigerante ad acqua, alesaggio mm. 44, corsa mm. 80,5, cilindrata cc 122,5, potenza CV 0,024 a 200 giri/m, con un peso complessivo di circa kg 10; alimentazione a benzina con un piccolo serbatoio parallelepipedo, posto sul basamento, della capacità di 2 decilitri<sup>6</sup>.*

Quel motore può considerarsi l'anello di congiunzione tra le macchine a vapore (esotermiche) ed i motori a scoppio (endotermici)

*Il motore di Bernardi è un motore alternativo di tipo atmosferico in quanto non è prevista la fase di compressione e funziona a ciclo Etienne Lenoir a due tempi. Le tre fasi di aspirazione, scoppio e scarico vengono effettuate in due corse del pistone, in un solo giro dell'albero a manovella. La distribuzione avviene con valvole a cassetto, come nelle locomobili a vapore (da qui la parentela) e accensione a fiamma viva.*

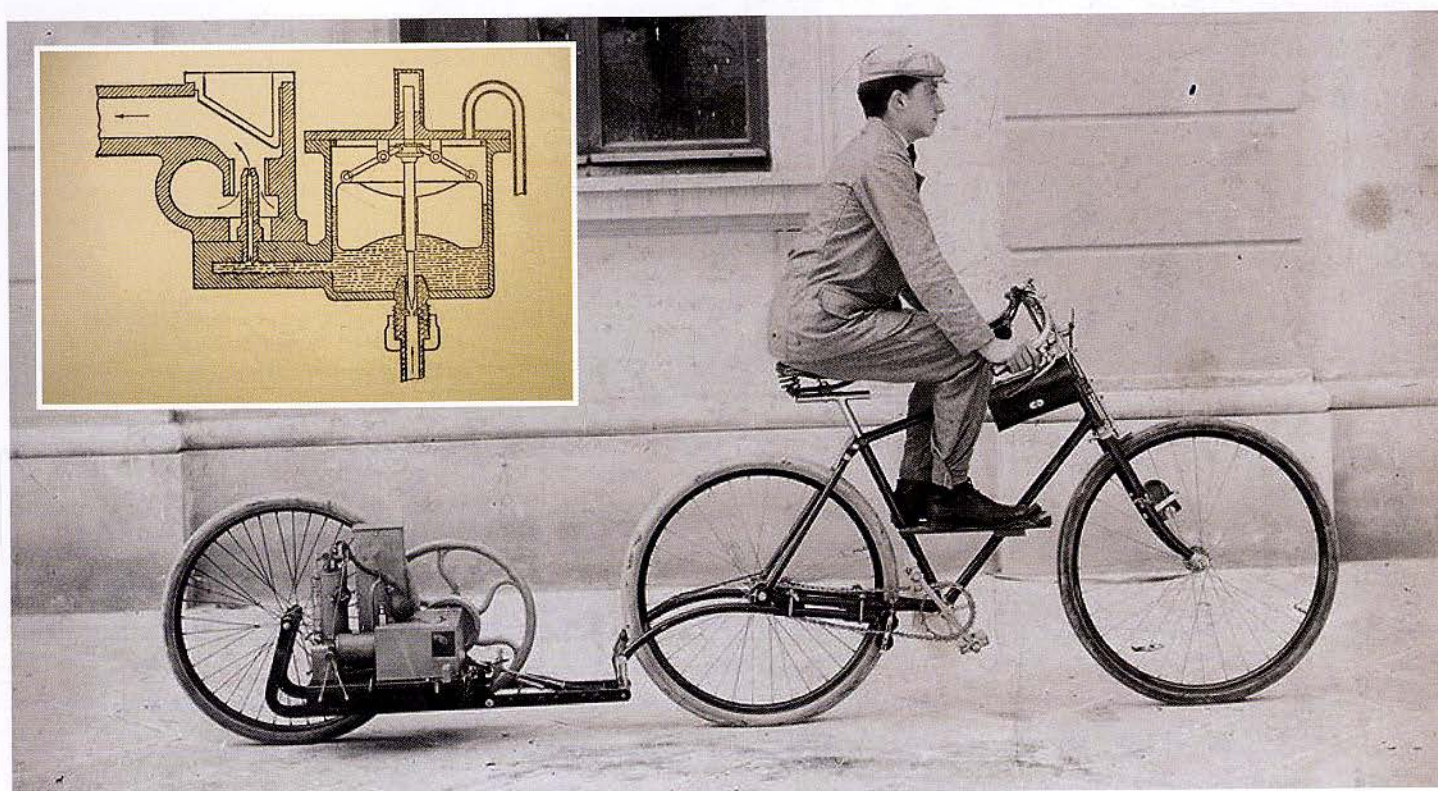
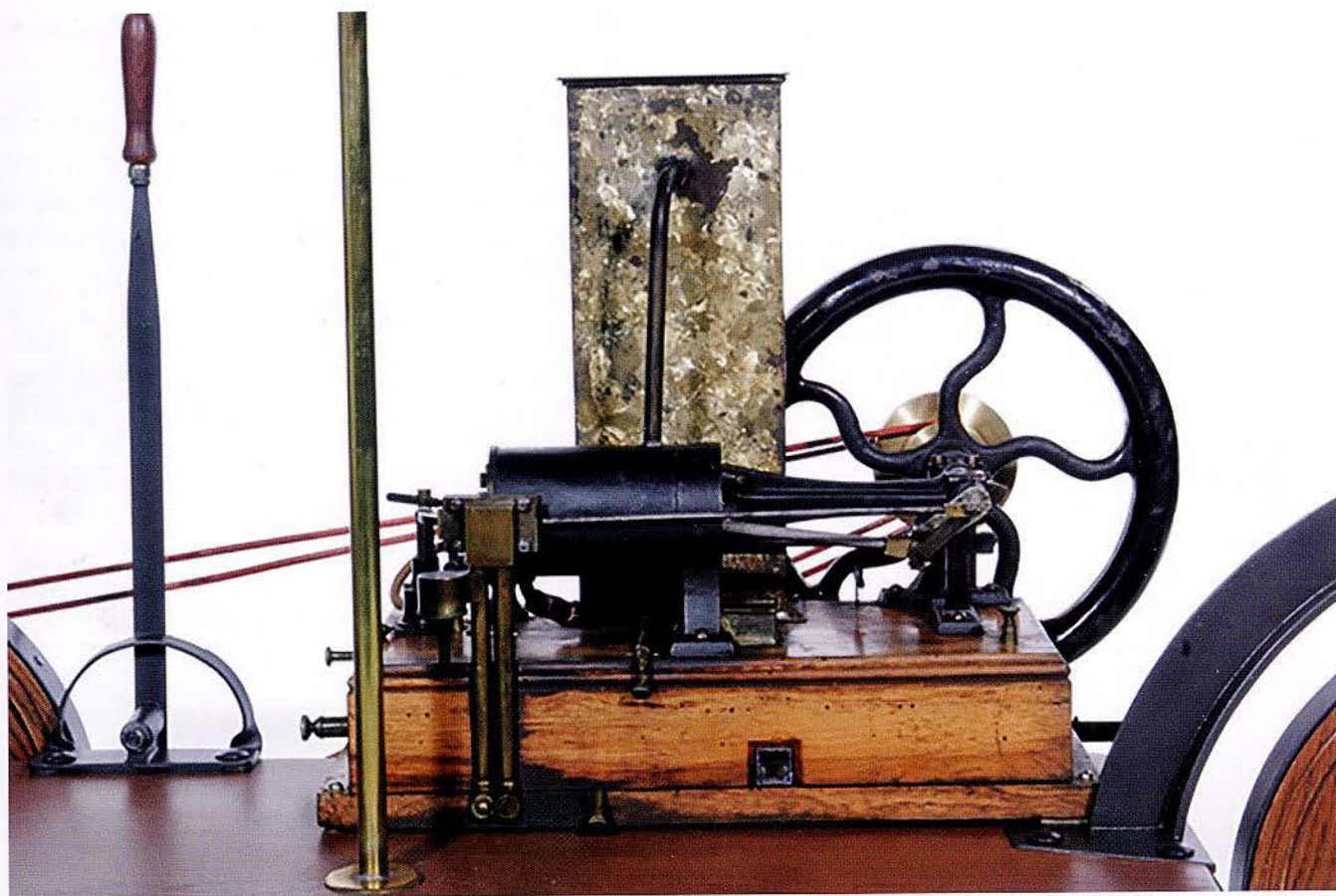
*Il suo funzionamento, esemplificando, inizia con la prima fase di aspirazione, quando il pistone allontanandosi dal PMS crea una depressione nel cilindro che aspira la miscela aria-benzina solo sino a metà corsa. Seconda fase: scoppio; a metà corsa, verso il PMI la carica esplosiva aspirata, viene accesa dalla fiamma attraverso la bocca d'accensione e ne provoca lo scoppio. Terza fase: scarico; superato il PMI il pistone espelle, nella corsa di ritorno al PMS, i gas inerti.*

*Il carburatore è parte integrante del motore e fa da supporto di base. È un carburatore a superficie ove l'eva-*

<sup>5</sup> Cfr. R. BAUDILLE, *Storia del Motore...*, cit.

<sup>6</sup> La citazione è tratta da MUSEO NICOLIS, *Enrico Bernardi, Motrice Pia 1882*.







porazione è attivata dal calore del tubo di scarico, compensando automaticamente il raffreddamento della miscela. La "motrice Pia" ha un alesaggio di 44 mm ed una corsa di 80,5 mm pari ad una cilindrata di 122,402 cc a 200 giri al minuto con 0,024 CV. Venne usata per azionare macchine da cucire e piccole operatrici e, cosa molto importante, per motorizzare il triciclo giocattolo del figlio Lauro nell'anno 1884. È il primo veicolo se-movente al mondo con motore a benzina<sup>7</sup>.

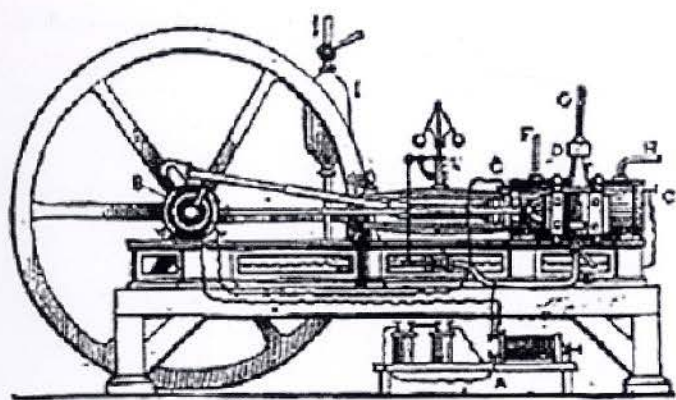
Nei decenni successivi saranno le altre due tipologie di veicoli, quelli su strada e quelli aerei a decretare il recupero, prima, e il trionfo, poi, del motore a combustione interna, e soprattutto di quello a benzina, il solo compati-

bile con le loro stringenti necessità. Una sorta di simbiosi mutualistica che, in meno di un quarto di secolo, portò alla produzione seriale delle autovetture e degli aeroplani. E, come già verificatosi a suo tempo per le artiglierie, anche per gli arcaici motori a combustione interna l'incremento di potenza fu dapprima perseguito incrementando l'alesaggio del loro unico cilindro. Anche in questo caso, però, fu ben presto chiaro che occorre, invece, moltiplicarne il numero, magari affiancandoli in unica linea come un organo o su due divaricate a V. L'idea ed i relativi sviluppi erano senza dubbio validi, ma quando veniva richiesta una potenza rilevante il numero dei cilindri, comunque si fossero disposti, creava alquanto problemi meccanici. Eccessive le sollecitazioni a torsione del loro lungo albero motore, improbo il sistema di raffreddamento a liquidi, complesso il circuito di accensione, per non parlare dell'alimentazione e dei comandi delle valvole: in breve una macchina delicata e di scarsa affidabilità.

<sup>7</sup> Da P. ACCIARINI, *Motore a scoppio, invenzione ed evoluzione*, 1999-2000





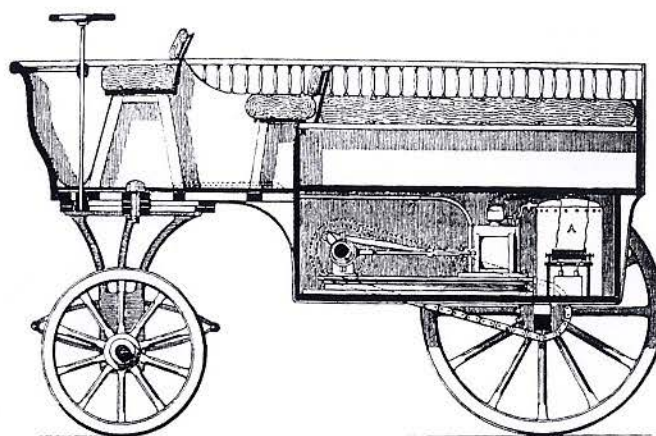


**The Lenoir Gas Engine**

*L'aereo decolla e con lui  
il motore a combustione interna*

Il 17 dicembre del 1903, sulle dune di Kitty Hawk, in Carolina, un curioso aereo si accingeva a decollare da un improbabile binario di legno, lungo una sessantina di metri. Di per sé non aveva nulla di moderno: quell'insieme di legno e tela, battezzato *Flyer* e costruito dai fratelli Wright, avrebbe potuto infatti essere stato benissimo realizzato all'epoca di Leonardo se non di Erone (matematico, I secolo d.C.), senza eccessivi problemi, sia dal punto di vista concettuale che tecnologico eccezion fatta per il suo motore a scoppio.

Il tempo in quella gelida mattina invernale non è ideale, anzi sarebbe preferibile rinviare la prova, ma i fratelli sono ormai convinti e fin troppo motivati. Alle 10.30 il motore viene messo in moto e le sue due eliche iniziano vorticosamente a girare. Pochi istanti dopo il cavo di ormeggio è mollato e il biplano inizia la sua corsa sul binario, staccandosene molto prima della fine. Però ormai libra nell'aria e dopo circa 37 metri atterra senza alcun danno: quel breve salto è senza alcun dubbio un volo e, dal momento che la macchina non ha riportato alcun danno, il tentativo fu ripetuto circa venti minuti dopo. E poi ancora per la terza volta quando venne compiuto un volo di oltre 60 m, ed infine una quarta volta che decretò con i suoi 225 m, compiuti alla media di



48 km/h, la fine della sequenza per la rottura del pattino in atterraggio, a causa di una imprevista folata d'aria. Il vento che ormai era divenuto più violento sconsigliò di tentare ancora dopo una riparazione di emergenza, tanto più che colpendone un'ala l'aveva ulteriormente danneggiato.

La cronaca di quella mitica giornata ci è stata lasciata da uno dei due protagonisti, Orville Wright, 1871-1948, con queste parole:

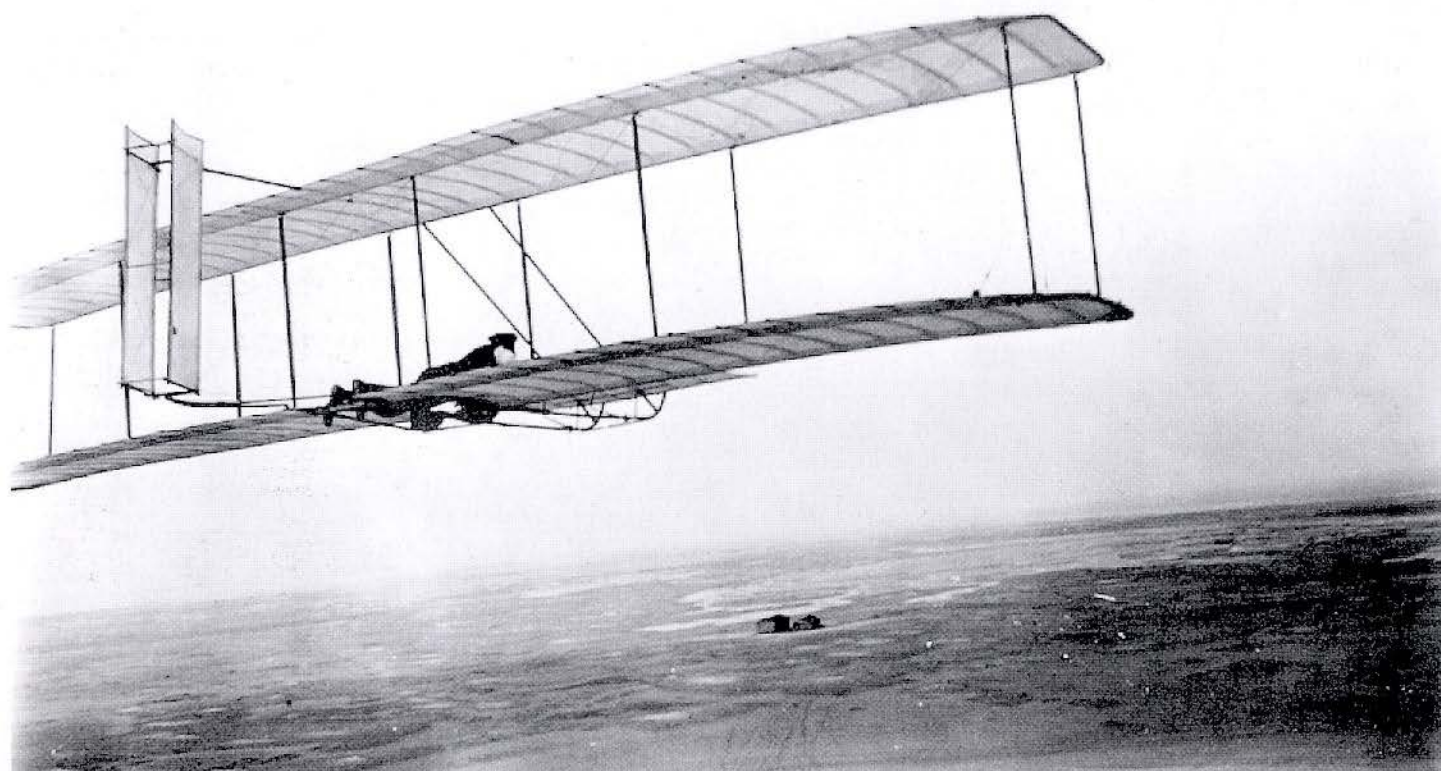
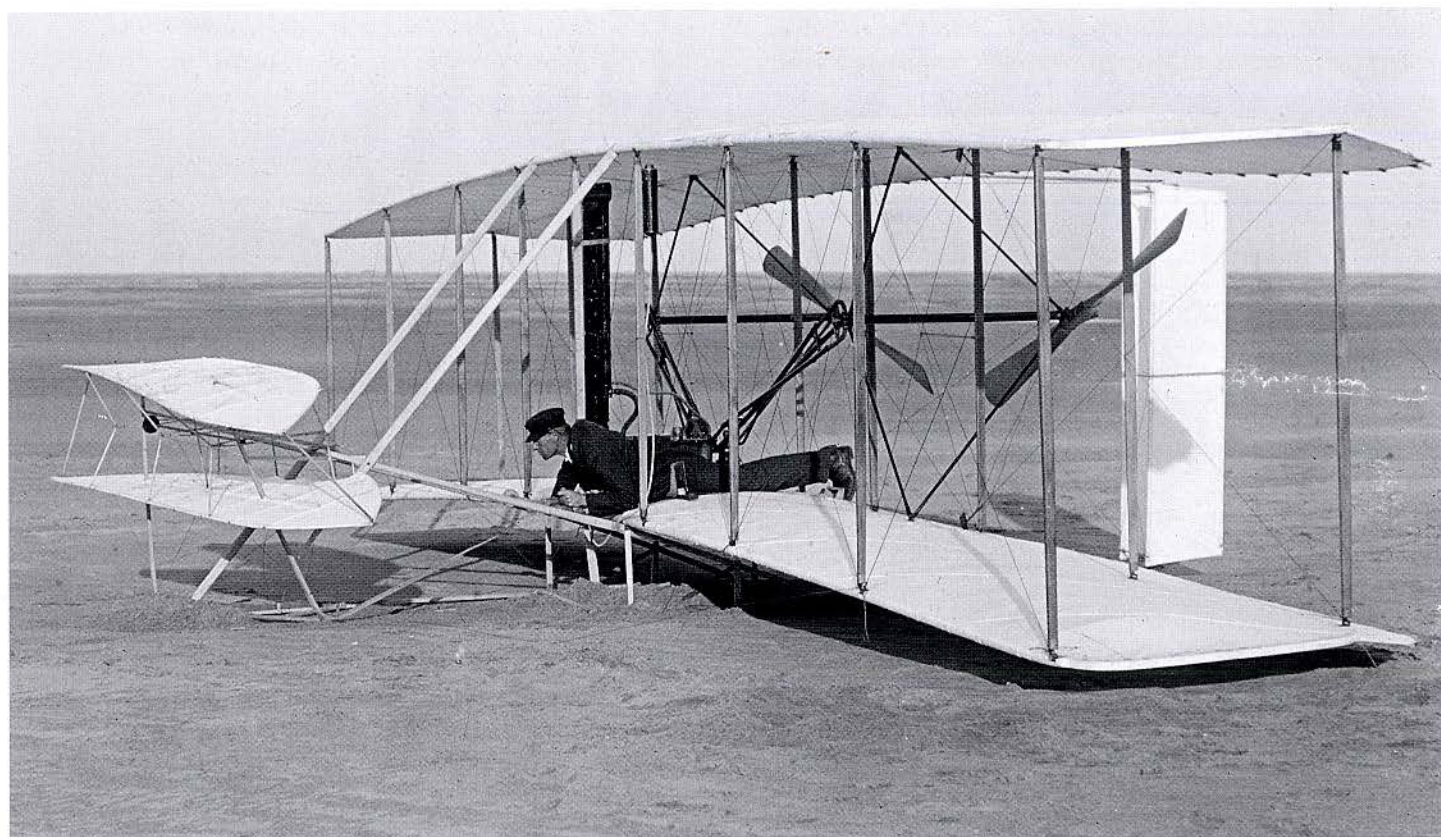
*Quando ci svegliammo soffiava da nord un vento fra le 20 e le 25 miglia. Tirammo fuori la macchina molto presto ed esponemmo il segnale per gli uomini della stazione. Prima che fossimo pronti arrivarono John T. Daniels, W. S. Dough, A. D. Etheridge, W. C. Brinkley di Manteo e Johnny Moore di Nags Head. Dopo aver fatto girare per alcuni minuti il motore e le eliche per riscaldarli, salii sulla macchina alle 10:35 per il primo tentativo. Il vento, secondo i nostri anemometri in quel momento, stava soffiando a poco più di 20 miglia, a 27 secondo gli anemometri statali di Kitty Hawk. Mollata la fune la macchina partì accelerando probabilmente fino a 7 o 8 miglia di velocità. La macchina si sollevò dal carrello proprio quando giunse alla quarta traversa. Il signor Daniels fece una fotografia nel momento in cui lasciava i binari. Trovai il controllo dell'equilibratore piuttosto difficile a causa del suo bilanciamento troppo vicino al centro, avendo perciò la tendenza a ruotare quando azionato, cosicché si girò troppo da una parte e poi troppo dall'altra. Di conseguenza la macchina si sollevò improvvisamente a circa 10 piedi e poi altrettanto improvvisamente, ruotando l'equilibratore, si diresse verso terra. Un'improvvisa caduta quando era a circa 100 piedi dal termine dei binari mise fine al*

Nella pagina a fianco: una delle ultime versioni del triciclo ideato dal professor Bernardi.

In alto: schema di funzionamento a ciclo Lenoir, soluzione scelta dal Bernardi nella realizzazione dei suoi motoveicoli.

In alto a destra: l'Hippomobile ideato da Lenoir.



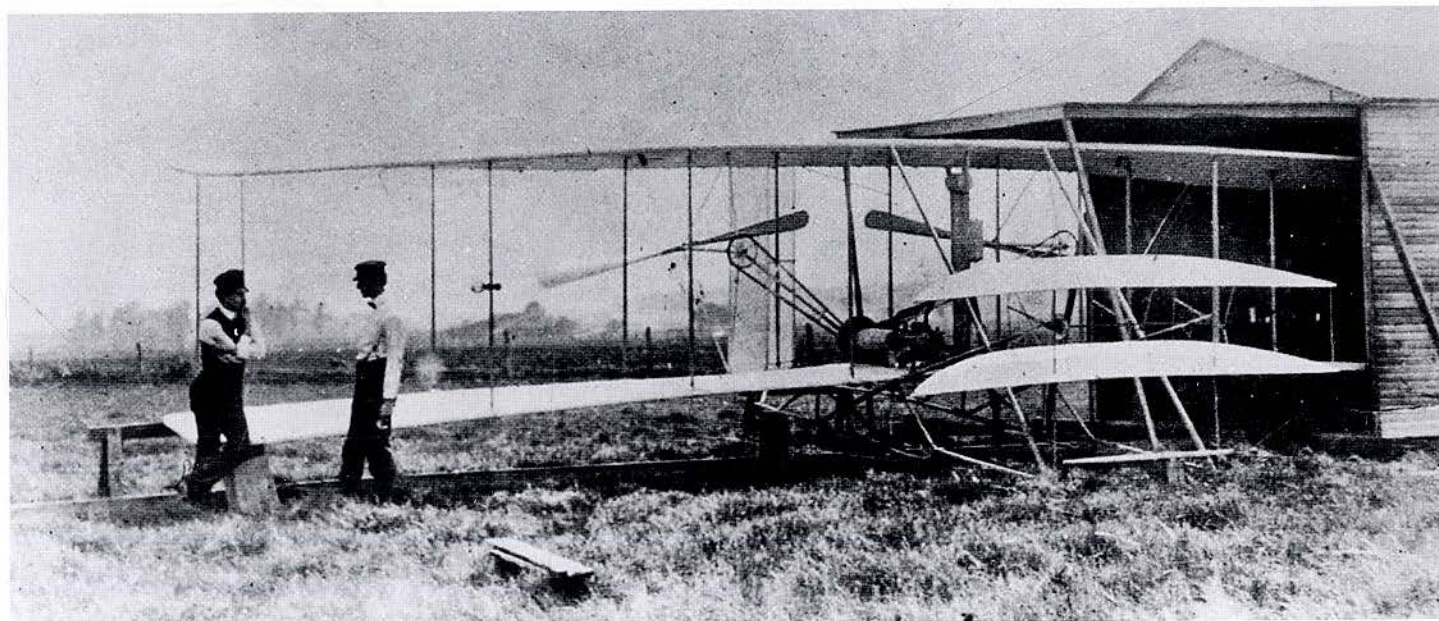




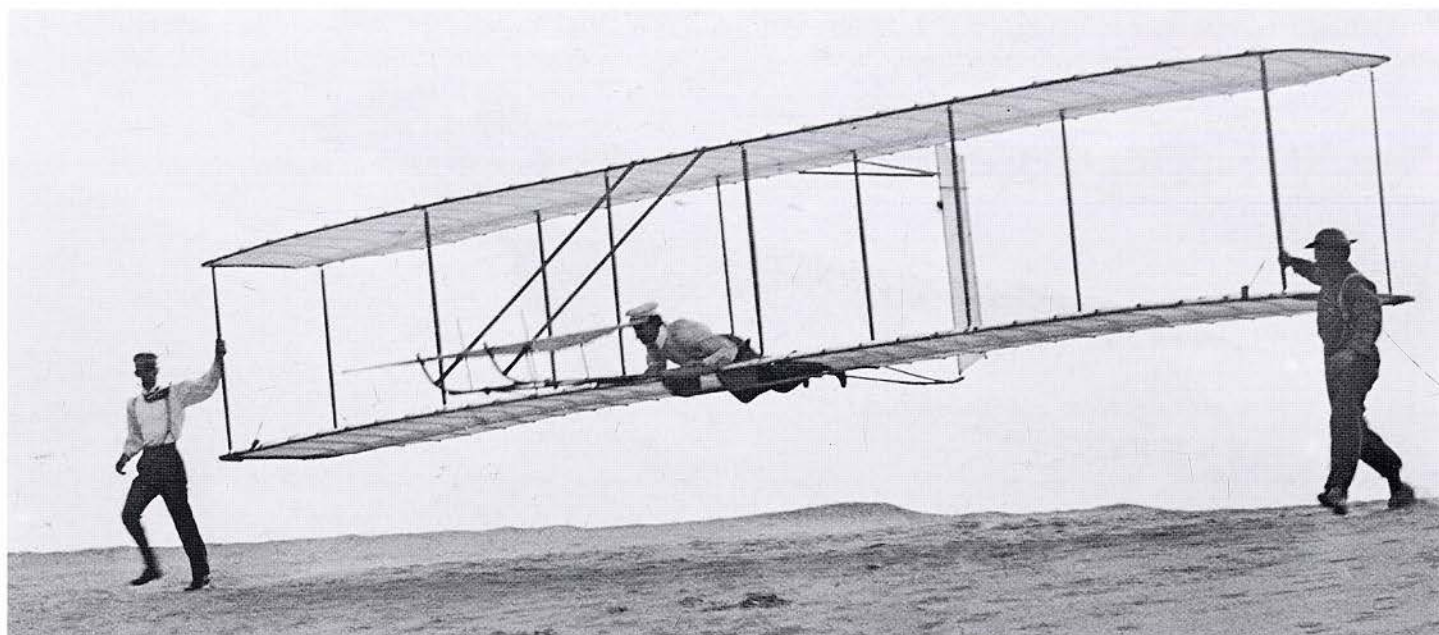
volo. Tempo di circa 12 secondi (non conosciuto con sicurezza perché l'orologio non fu immediatamente fermato). La leva per togliere motore si ruppe, e il pattino sotto il timone s'incrinò. Dopo le riparazioni, alle 11 e 20 Will fece il secondo tentativo. Il percorso fu pressappoco come il mio, su e giù ma un po' più lungo in volo sebbene circa lo stesso come tempo. Distanza non misurata ma circa 175 piedi. Velocità del vento certamente non così forte. Con l'aiuto degli uomini della stazione presenti, sollevammo la macchina e la riportammo al punto di partenza. Alle 12 meno 20 feci il terzo tentativo. Quando fui più o meno alla stessa distanza di Will, incappai in una raffica di vento che sollevò l'ala sinistra e deviò energicamente verso destra la macchina. Immediatamente ruotai l'equilibratore per far scendere la macchina e poi agii sui controlli d'estremità. Con nostra grande sorpresa, l'ala sinistra colpì terra per prima, rivelando che il controllo laterale di questa macchina era molto più efficace di quello di qualsiasi altra nostra precedente. Al momento della sua deviazione si era alzata ad un'altezza probabilmente fra i 12 e 14 piedi. Alle 12 in punto Will iniziò il quarto ed ultimo viaggio. La macchina partì con le sue salite e discese come aveva fatto precedentemente, ma dopo aver percorso trecento o quattrocento piedi la controllava molto meglio, e faceva un percorso abbastanza rettilineo. Procedette in questo modo finché raggiunse un piccolo rilievo che distava circa 800 piedi dal punto di partenza, ed allora iniziò nuovamente il suo beccheggio e precipitò improvvisamente al suolo. L'equilibrato-

re si ruppe malamente, ma la struttura principale non ebbe assolutamente danni. La distanza sul terreno fu di 852 piedi in 59 secondi. Il regime di rotazione del motore era 1071, ma ciò comprende parecchi secondi quand'era ancora al punto di partenza e probabilmente mezzo secondo dopo l'atterraggio. L'urto dell'atterraggio riазzerò lo strumento sulla macchina cosicché non abbiamo un'esatta registrazione per i 1071 giri. Will fece una fotografia del mio terzo volo proprio prima che la raffica colpisse la macchina. La macchina lasciò con successo le guide di scorrimento ad ogni tentativo, e la coda non si impigliò mai nel carrello come avevamo temuto. Dopo aver tolto il timone anteriore, riportammo la macchina verso la baracca. Appoggiammo la macchina a pochi piedi dal lato occidentale dell'edificio, e mentre eravamo in piedi a discutere dell'ultimo volo, un'improvvisa raffica di vento colpì la macchina ed iniziò a rovesciarla. Corremmo tutti per fermarla. Will che era vicino ad un'estremità corse sul davanti, ma troppo tardi per combinare qualcosa di buono. Il signor Daniels ed io afferrammo i longheroni dietro, ma senza risultati. La macchina si rovesciò gradualmente su di noi. Il signor Daniels, che non aveva esperienza nel maneggiare una macchina di questo tipo, si aggrappò ad essa dall'interno e di conseguenza fu rovesciato

Nella precedente, in questa pagina e in quella successiva: alcune tra le più suggestive foto dei primi esperimenti di volo dei fratelli Wright sulle dune di Kitty Hawk in Carolina.







*e ribaltato continuamente con essa. La sua salvezza fu miracolosa, dato che era insieme al motore e alle catene. I supporti del motore erano tutti staccati, le guide delle catene malamente piegate, parecchi montanti, e quasi tutte le estremità delle centine erano spezzate. Si ruppe un solo longherone<sup>8</sup>.*

Quanto poco differisse l'aereo dei fratelli Wright da un rudimentale alante, se non per l'adozione del motore, lo si può facilmente arguire da altri dettagli del rapporto redatto dallo stesso Orville Wright, il più giovane dei due fratelli, che pilotò il velivolo:

*il volo fu tutto un susseguirsi di su e giù, in parte provocati dal vento e in parte dalla mancanza di esperienza nel governo della macchina... che saliva improvvisamente di tre metri e poi altrettanto improvvisamente tornava al suolo. Poco più di 36 metri dal punto in cui si era staccato dal suolo, l'aereo toccò terra... Aveva volato a una velocità all'aria di più di 13 metri e mezzo al secondo (circa 48 km/h n.d.A.) per un totale di 12 secondi... Un aspetto sorprendente dell'impresa fu che sia io che mio fratello la affrontammo vestiti come sempre, con un bel colletto bianco inamidato e la cravatta<sup>9</sup>. Quanto al Flyer: "fu l'unico aeroplano che i Wright cer-*

*carono di conservare. Danneggiato dopo il quarto volo, lo imballarono e rispedirono a Dayton, dove rimase immagazzinato in un capanno dietro la loro officina di biciclette, senza essere più toccato per oltre un decennio. Nel marzo del 1913 Dayton fu colpita da una grave inondazione, durante la quale le casse contenenti il Flyer furono sommerse dall'acqua e dal fango per undici giorni. Nell'estate del 1916 l'aeroplano fu sballato, per la prima volta dopo Kitty Hawk, e Orville (Wilbur era morto nel 1912) lo riparò e riassembleò per una breve mostra al Massachusetts Institute of Technology, usando quanti più pezzi originali gli fu possibile. Successivamente il velivolo apparve in parecchie altre mostre, come il New York Aero Show nel 1917, l'incontro della Society of Automotive Engineers a Dayton nel 1918, il New York Aero Show nel 1919 e le National Air Races a Dayton nel 1924. Ogni volta il Flyer fu preparato e montato per la mostra da Jim Jacobs, un meccanico della Wright Company che lavorava sotto la supervisione di Orville. Nel 1976, poco prima di essere spostato nel nuovo edificio del National Air and Space Museum della Smithsonian, il Flyer fu ripulito e riparato... La targhetta del museo porta scritto: L'AEROPLANO ORIGINALE DEI FRATELLI WRIGHT. La prima macchina più pesante dell'aria, propulsa a motore, con cui l'uomo abbia fatto un volo libero, pilotato e duraturo. Inventata e costruita da Wilbur e Orville Wright e portata in volo da essi il 17 dicembre 1903 a Kitty Hawk, North Carolina. Attraverso un'originale ricerca scientifica i fratelli Wright scoprirono i principi del volo umano; da inventori, costruttori e*

<sup>8</sup> Dal Diario di ORVILLE WRIGHT, 17 dicembre 1903.

<sup>9</sup> La citazione è tratta da TARABUSI, *36 Metri che divennero storia*, pubblicazione dell'Aero Club di Modena 23 gennaio 2004.



volatori svilupparono ancor più l'aeroplano, insegnarono all'uomo a volare e inaugurarono l'era dell'aviazione"<sup>10</sup>.

### *La rapida evoluzione dell'aereo*

I ripetuti voli dei fratelli Wright lasciavano facilmente preconizzare l'avvento di un mezzo aereo, debutto particolarmente atteso e da tempo auspicato negli ambienti militari che, non restarono perciò delusi dalla modestia di quel goffo saltellare, ma ne immaginarono subito la rapida evoluzione. Evoluzione che con velocità persino maggiore delle più rosee aspettative si manifestò a partire dagli anni immediatamente successivi. Quattro anni dopo, infatti, il

<sup>10</sup> La citazione è tratta da ORVILLE VIAGGI, *Il Flyer*.

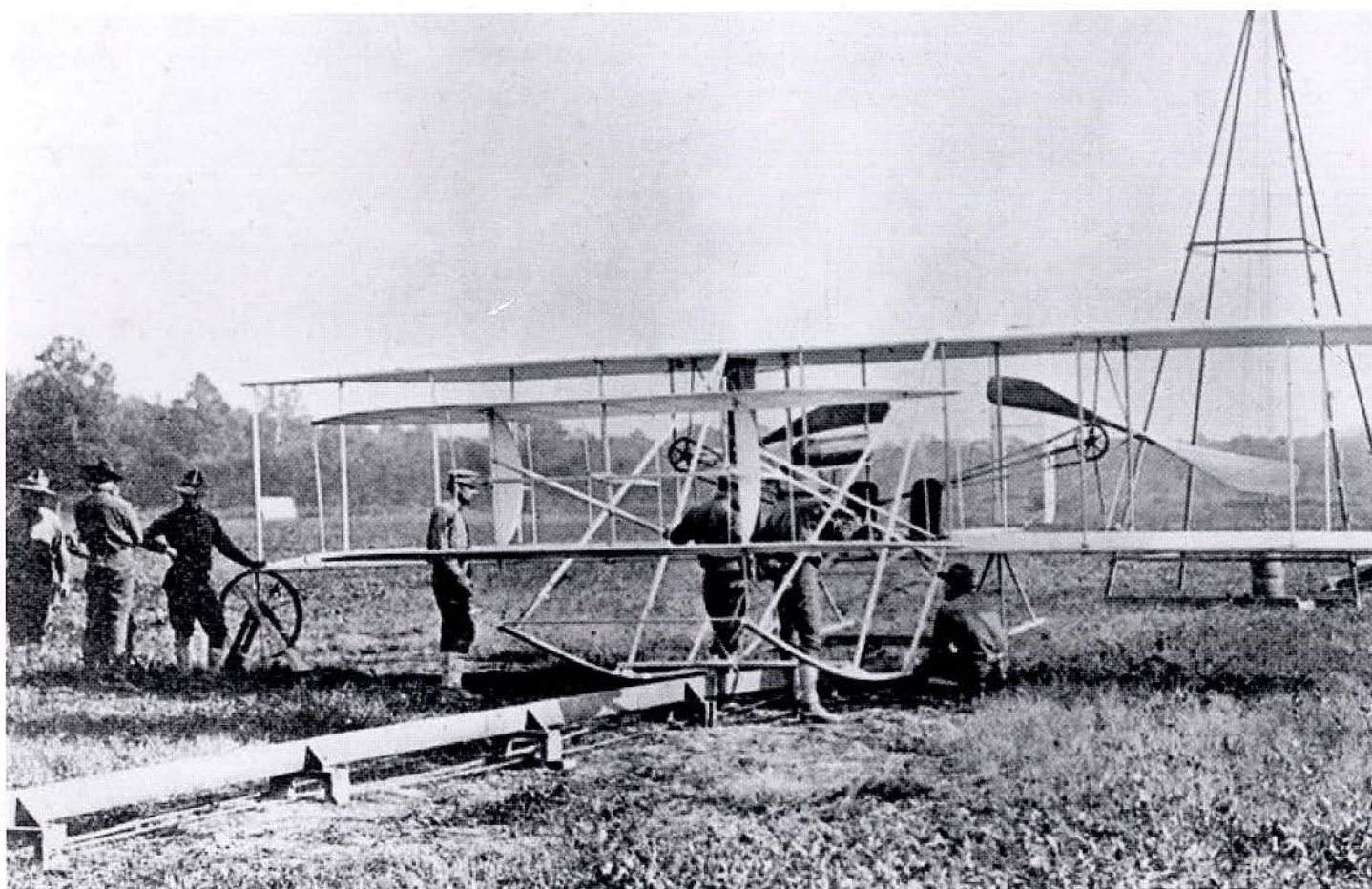
Sotto: l'aeroplano originale dei fratelli Wright restaurato e custodito nel National Air and Space Museum della Smithsonian.

23.12.1907 il *Signal Corps* dell'esercito statunitense, l'unità che inquadrava i vari reparti di aerostieri, stipulò una precisa specifica, la 486, che definiva le caratteristiche che i futuri aeroplani, destinati alle forze armate dovevano possedere. Tra queste una velocità non inferiore ai 65 km/h, un'autonomia di almeno un'ora, una capacità di carico di due persone e carburante per 200 km ed infine la possibilità di facile smontaggio dell'apparecchio per il trasporto su carri ippotrainati!

L'evoluzione tecnica che in quello stesso scorcio storico si stava sviluppando, almeno inizialmente, riguardò, ancora una volta, più che l'architettura dei velivoli, i loro motori, ai quali si richiese crescente potenza e minore peso. Non a caso, perciò: "forse è per il motore d'aereo che gli sforzi sono stati più considerevoli e più notevoli i risultati. Le vie erano molte strette, tanto per la potenza del motore che per il suo peso. Nel 1920, si era già a meno di un chilo per cavallo. Il problema della pressione trovò soluzione solo dopo molto tempo: a più di 5.000 metri d'altezza, la potenza cadeva della metà. La scoperta del correttore altimetri-







co, la sovralimentazione e la sovracompressione permisero il superamento di un limite molto ristretto".<sup>11</sup>

Nell'ambito motoristico si manifestò sin dall'inizio la rivalità fra i motori rotativi francesi, leggeri e potenti, ma di alto consumo di carburante ed olio, e quelli tedeschi in linea più pesanti e lenti, ma bisognosi di minor alimentazione e lubrificazione. Non si trattava di un confronto tecnico ma di una diversa concezione tattica sull'impiego della nascente aviazione: per i Francesi eminentemente da caccia con monoposto agili e scattanti da usare in brevi raid difensivi, per i Tedeschi eminentemente da bombardamento con pesanti apparecchi capaci di lunghe crociere con rilevanti carichi!

In ambedue i casi quali che fossero le relative motorizzazioni quelle macchine dovevano sostenere ancora molte significative migliorie per entrare in produzione, a cominciare dalle fin troppo fragili ed esili carlinghe. Pochi anni dopo, quando ormai la disputa sui motori si era in qualche modo esaurita, un progettista aereonau-

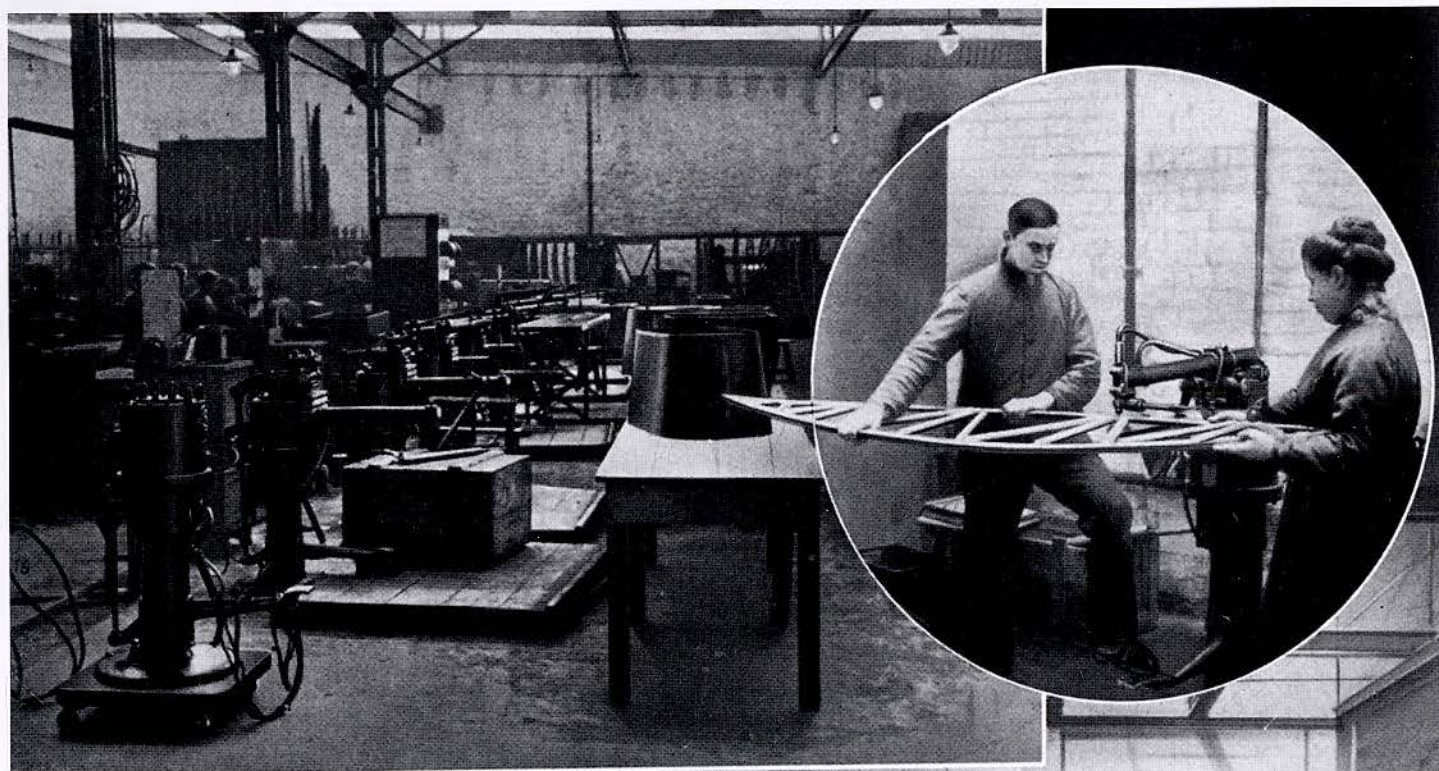
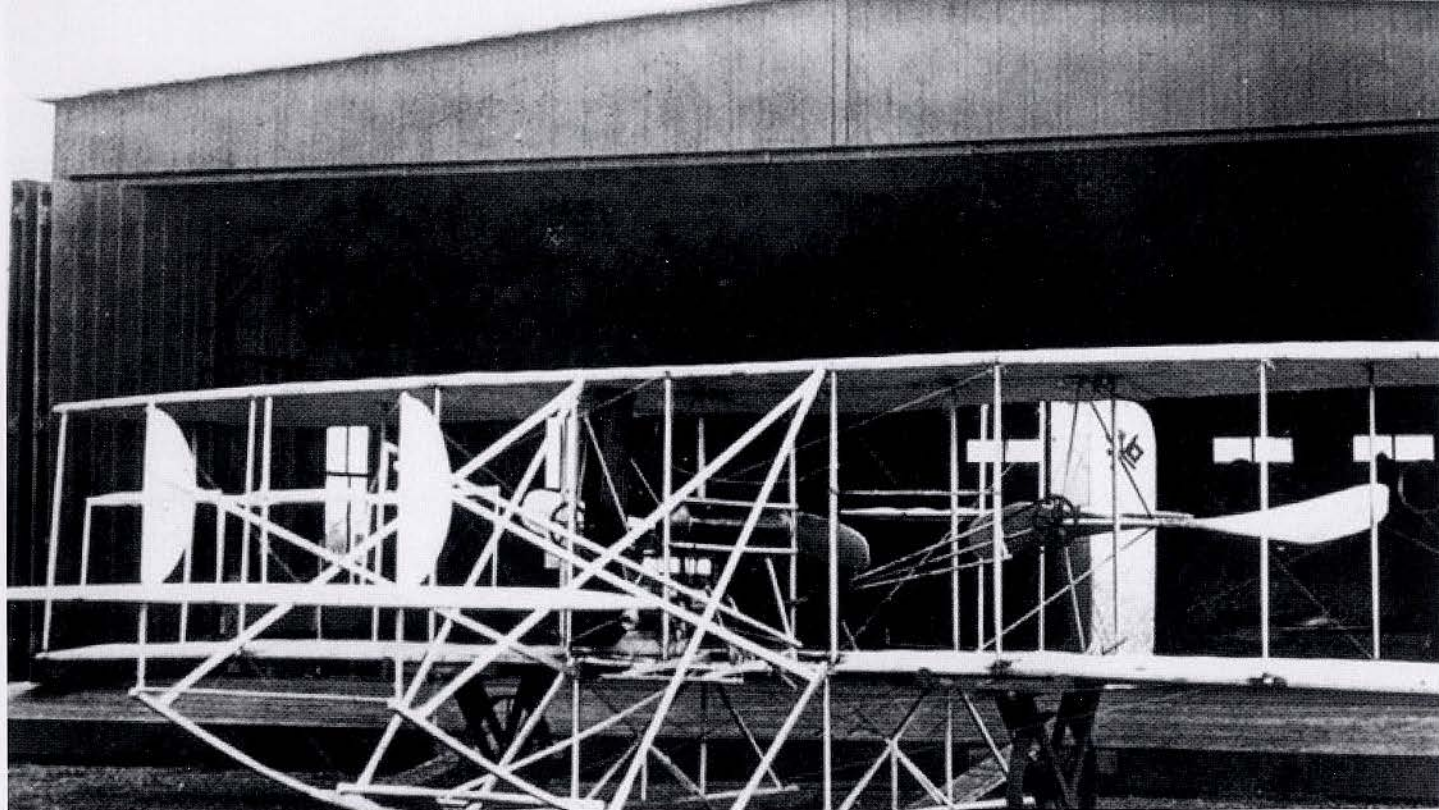
tico tedesco, Hugo Junkers, iniziò a studiare la maniera di realizzare un velivolo del tutto diverso dagli esistenti, senza orditura di legno e superfici alari di tela, tenute insieme da tiranti e controventi: un aereo interamente metallico con la carlinga completamente chiusa, quale poi si vedrà in concreto solo negli anni '40. Il metallo ideale per un impiego del genere sarebbe stato il duralluminio, ma trattandosi di una lega inventata da pochissimi anni, con i titoli ottimali ancora da stabilire in modo adeguato in funzione delle precipue destinazioni e tenendo anche conto dei non improbabili difetti, se ne rinunciò all'uso. Fu pertanto giocoforza per Junkers optare per la lamiera d'acciaio, soluzione che però aggravò notevolmente il peso dell'aereo, compromettendone sensibilmente le prestazioni. Il primo prototipo lo *Junkers J1* venne fatto

*In alto: aeroplano in fase di assemblaggio su un binario al College Park del Signal Corps dell'Esercito degli Stati Uniti.*

*Nella pagina a fianco: dall'alto l'aeroplano realizzato secondo le prescrizioni del Signal Corps fuori da un hangar presso Fort Sam Houston; le officine in cui venivano realizzate e, quindi, assemblate le varie componenti dello stesso aeroplano.*

<sup>11</sup> Da B. GILLE, *Storie delle tecniche*, Roma 1985, p. 452.







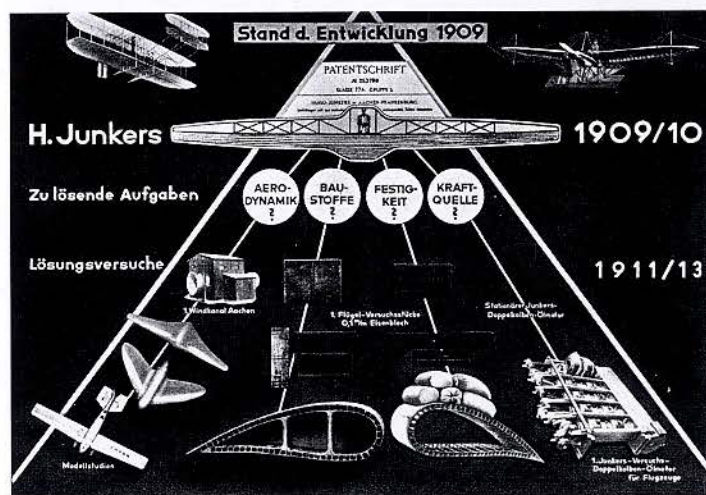


volare il 12 dicembre del 1915: in fase di atterraggio riportò danni all'ala, che riparata nel corso delle festività natalizie, consentì un secondo tentativo il 18 gennaio del 1916 dall'esito positivo ma non certo convincente per le prestazioni, tant'è che non ne conseguì alcuna commessa per la produzione seriale.

Seguirono altri prototipi che tuttavia pur con l'aumento della potenza del motore non riuscirono a fornire le prestazioni richieste. Quanto alle caratteristiche del primo velivolo della serie possono così riassumersi: monoplano monomotore ad ala media, lunghezza 8.6 m, apertura alare 13 m, altezza 2.5 m, superficie alare 24 m<sup>2</sup>, peso a vuoto 920 kg, peso lordo 1080 kg, motore Mercedes 6 cilindri in linea da 90 kw, velocità massima 170 km/h, dalla curiosa denominazione di 'asino di latta'. Erano passati appena 12 anni dal goffo volo dei fratelli Wright<sup>12</sup>!

### Nuovi motori

I fratelli Wright dopo quella epica giornata, come delinato, non interruppero le loro ricerche aeronautiche ed



in meno di cinque anni realizzarono un vero aeroplano capace di far volare due persone restando in volo fino all'esaurimento del carburante. Per la cronaca da quei giorni i due fratelli intrapresero un'attività promozionale

In alto: uno Junkers J1 del 1916.

Sopra: locandina pubblicitaria della fabbrica di aeroplani Junkers.

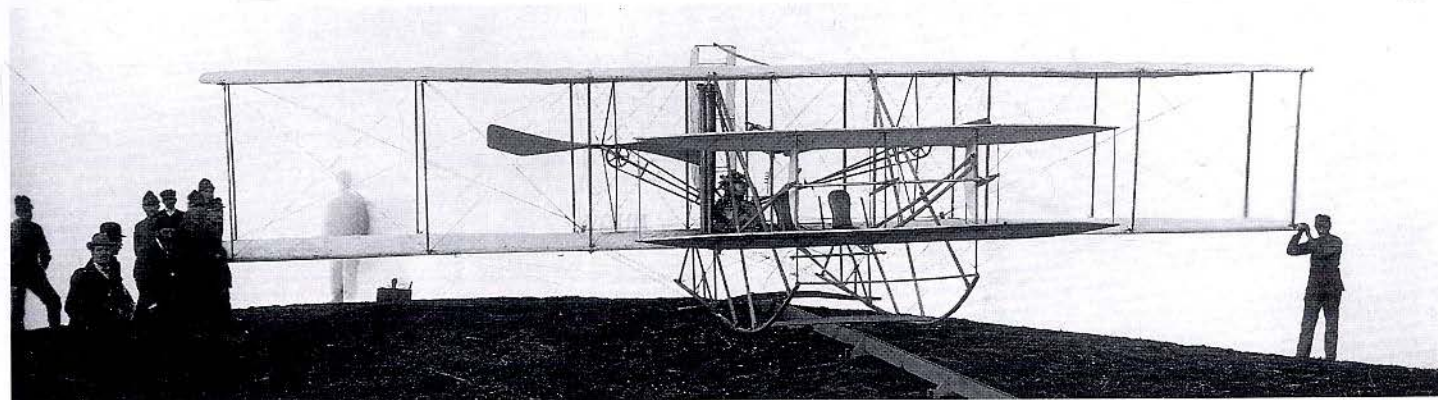
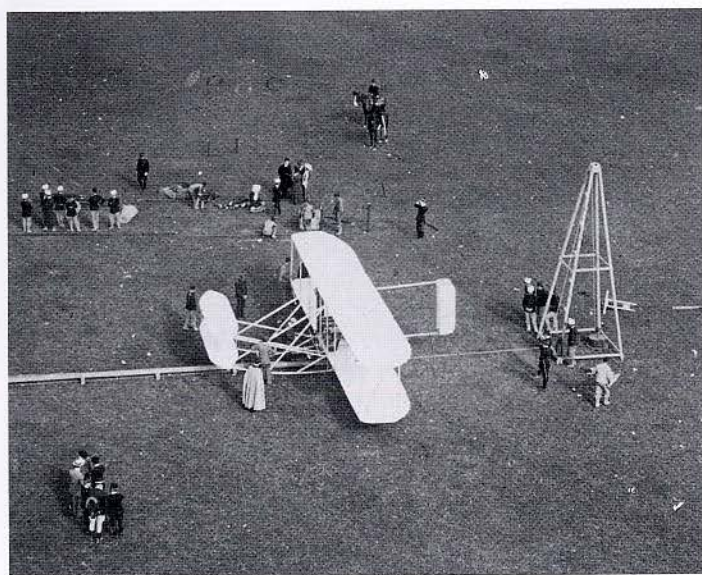
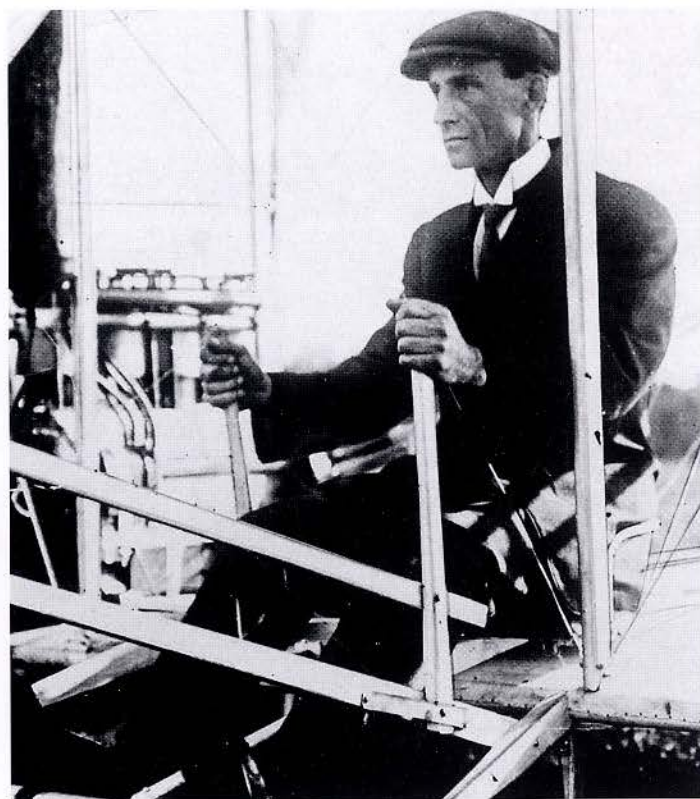
Nella pagina a fianco in alto a destra e in quella successiva: la visita di Wilbur Wright a Roma per promuovere gli aeroplani prodotti dall'azienda costituita con il fratello. Nelle immagini il volo di prova sull'aerea di Centocelle.

<sup>12</sup> La citazione è tratta da G. SCHMITT, *Junkers und seine Flugzeuge*, Berlino 1986.

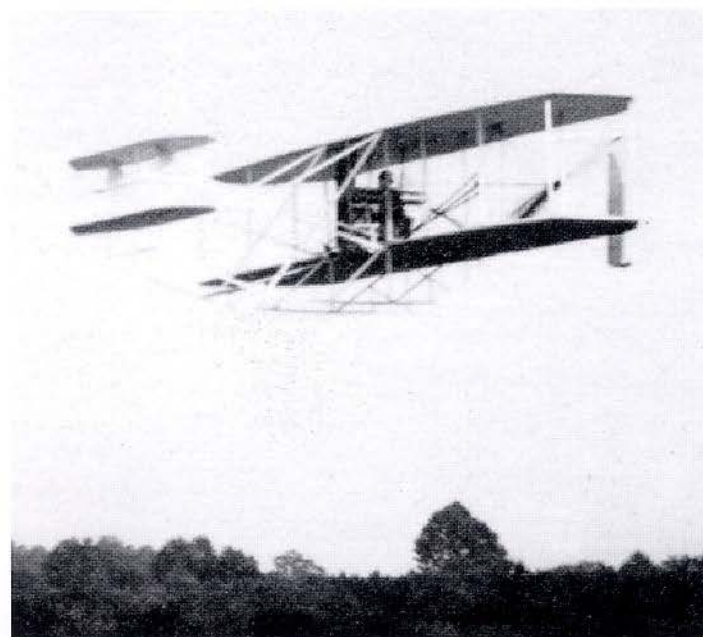
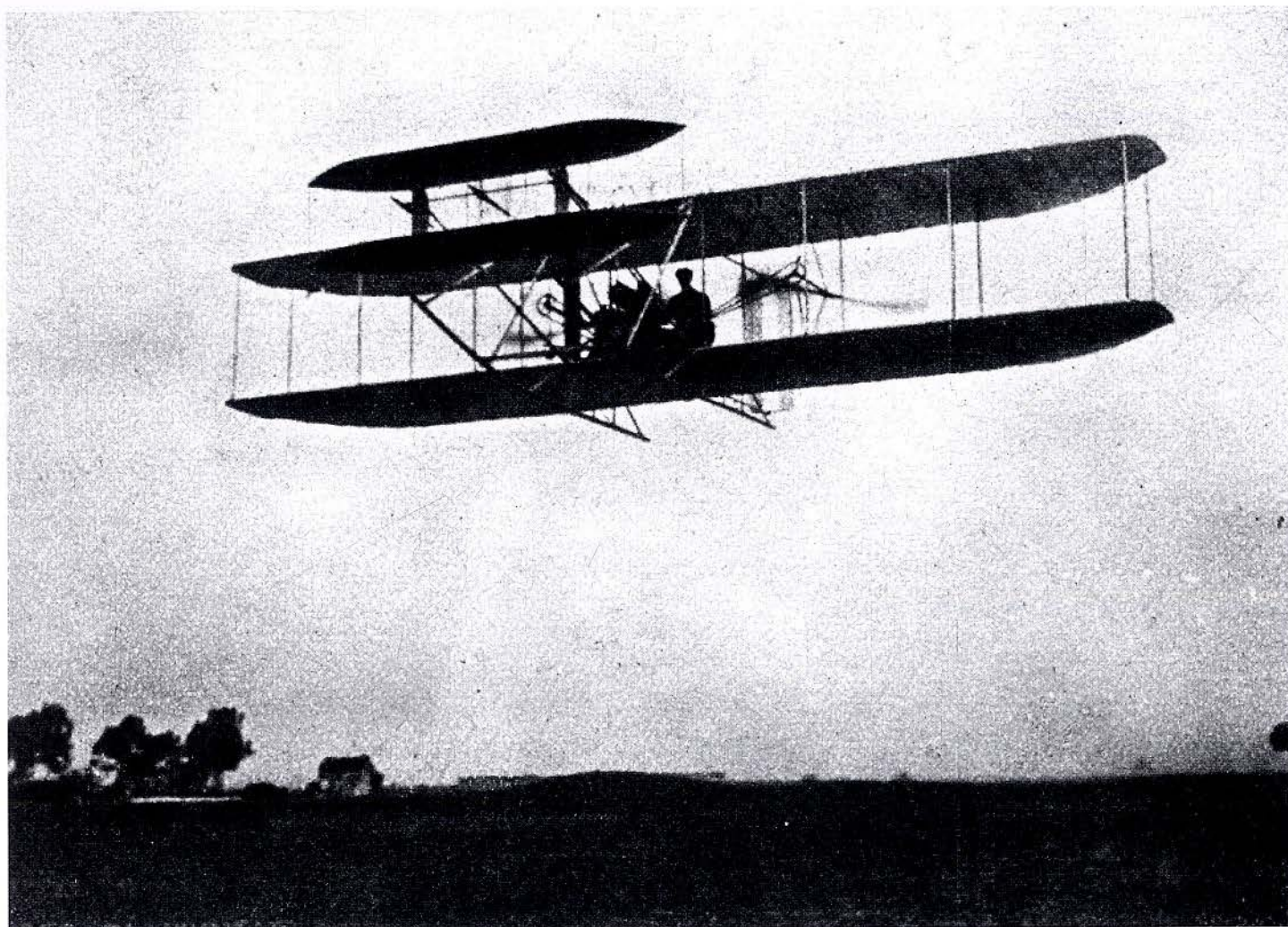


degli apparecchi che nel frattempo fabbricavano, e Wilbur fu a Roma agli inizi dell'aprile del 1909 dove, in un campo nei pressi di Centocelle, avviò una sorta di scuola di volo. L'Italia ebbe così il privilegio di essere la seconda nazione a dare ospitalità ai Wright: del resto, la loro funzione guida durò pochissimo superata dalla velocità dell'evoluzione tecnica del mezzo che già a ridosso della Prima guerra mondiale non somigliava nemmeno lontanamente al loro *Flyer*, e per architettura e per meccanica, essendo mutati soprattutto i motori, nella spasmodica ricerca di potenze sempre maggiori. Esordì così un motore a combustione interna a quattro tempi con quattro cilindri in linea, capace di erogare 12 hp con un peso di 70 kg: per noi nulla di eccezionale ma per l'epoca una vera rivoluzione.

Era un tipico motore da autotrazione, con raffreddamento ad acqua e un basso numero di giri, estremamente semplice ed affidabile, doti divenute prioritarie in campo aeronautico.







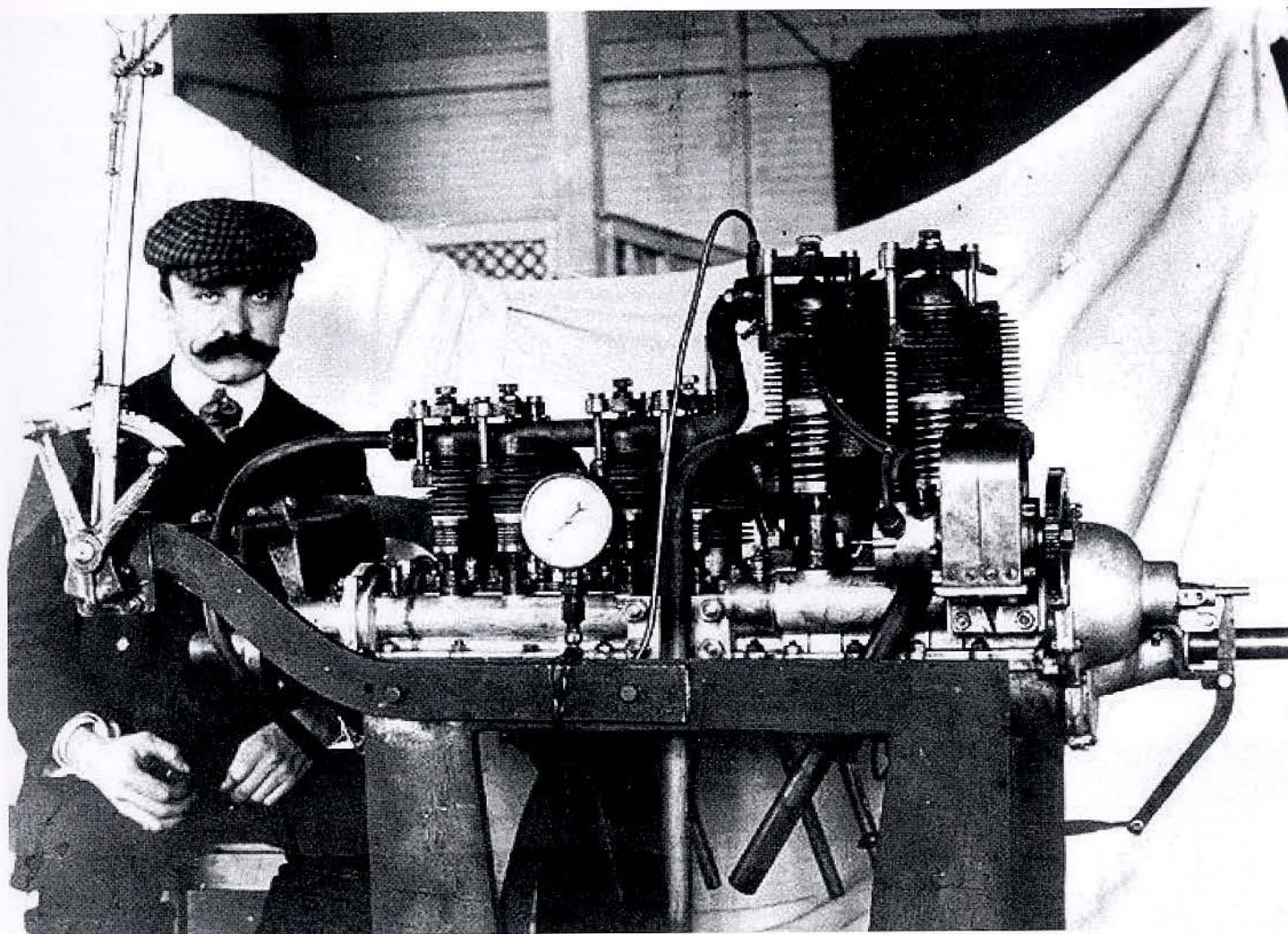
In breve tuttavia, quel quattro cilindri in linea raffreddato ad acqua, fu soppiantato dai mitici propulsori della serie *Antoinette* in origine a otto, poi a sedici e infine anche a 32 cilindri con carter in lega leggera e cilindri in acciaio.

Il settore si confermò subito particolarmente attivo tant'è che la neonata fabbrica A.L.F.A.<sup>13</sup> dopo aver costruito su progetto dell'ingegner Giuseppe Merosi la sua prima autovettura, l'ALFA H24, che venne posta in commercio nel 1910, derivò dal suo motore una variante per impiego aeronautico.

Era un motore a 4 cilindri in linea, che mantenne il nome di *ALFA 24 HP*, di 4.084 cc per una potenza di 36 HP a

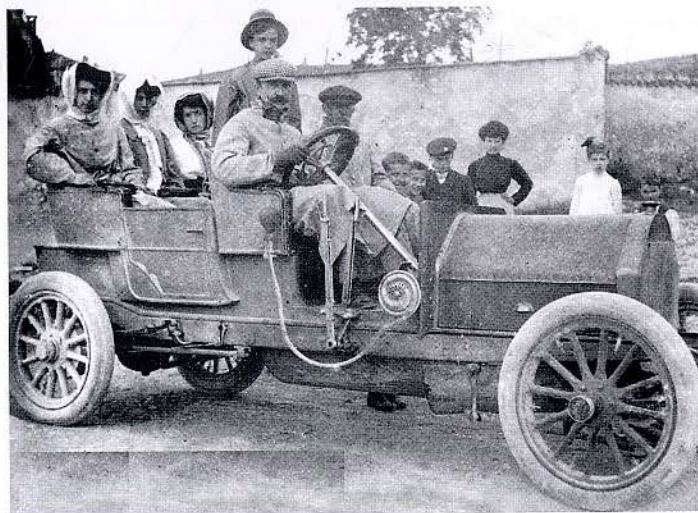
<sup>13</sup> L'Alfa Romeo fu fondata inizialmente il 24 giugno 1910 col solo acronimo di A.L.F.A., Anonima Lombarda Fabbrica Automobili. Divenne Alfa Romeo nel 1918 dopo l'acquisizione della società da parte di Nicola Romeo, divenendo dello Stato nel 1933 per restarvi fino al 1986, quando fu venduta al gruppo Fiat.





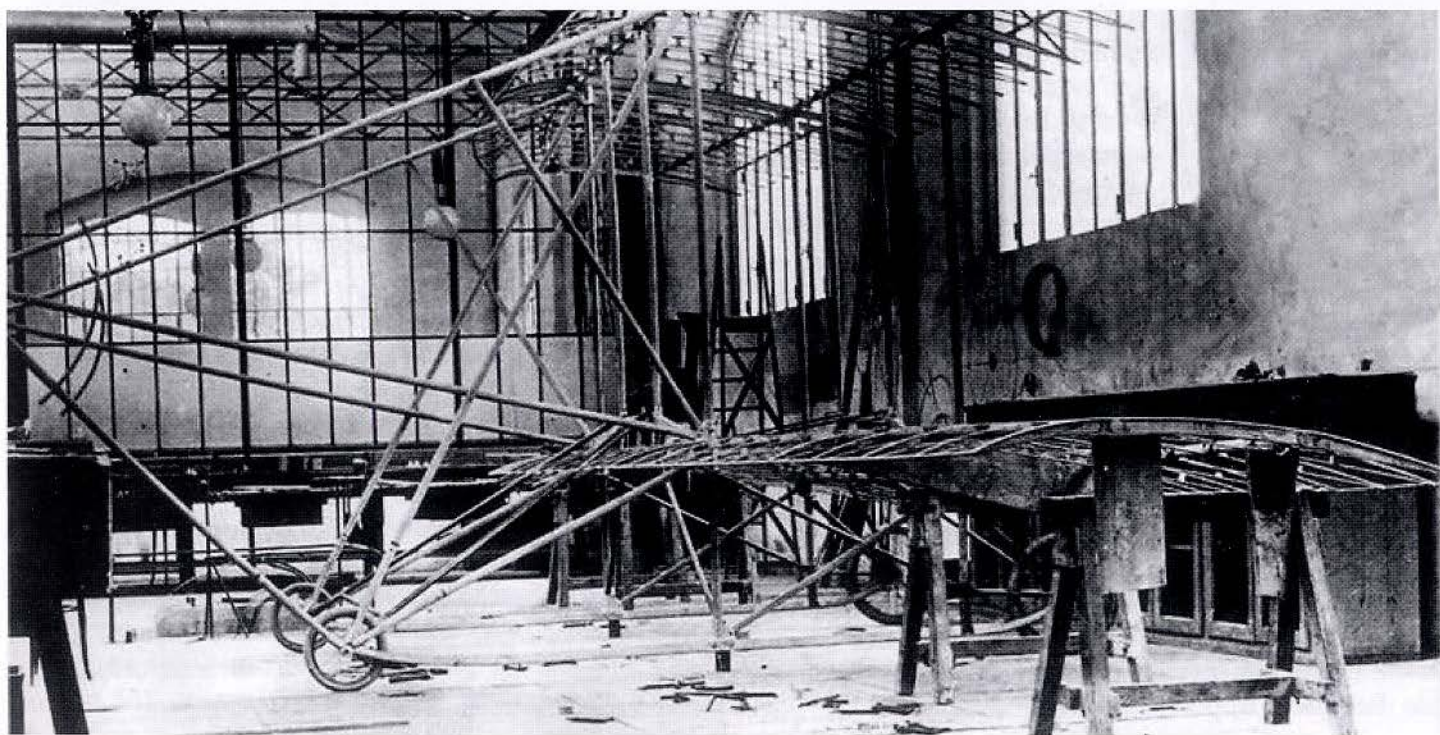
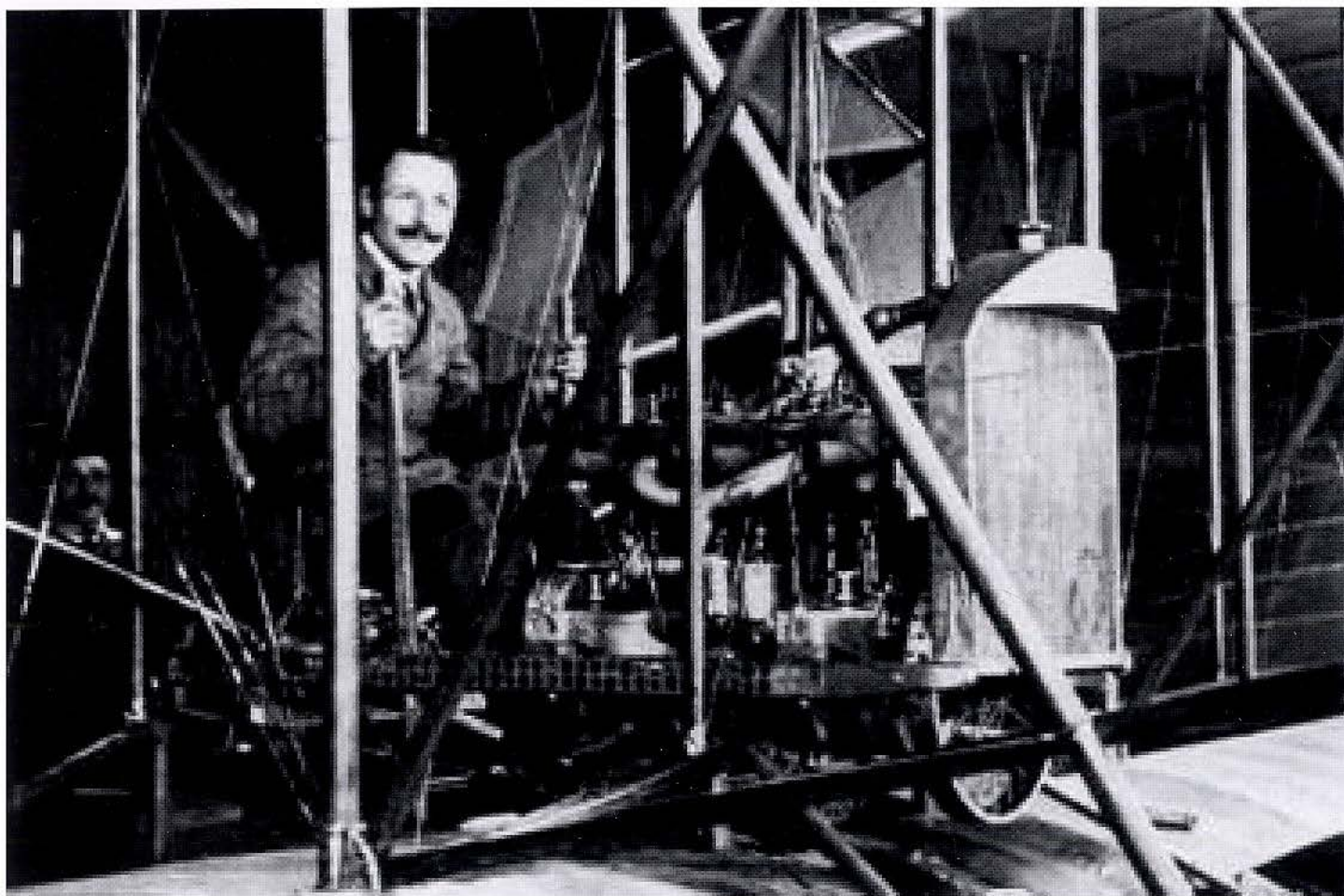
2.200 giri. Fatto salvo il radiatore di diversa forma e la mancanza del collettore di scarico, quel motore era identico a quello dell'auto, la *Torpedo Castagna*.

Le sue caratteristiche essenziali nella variante aeronautica non differiscono gran che e possono così riassumersi: monoblocco in ghisa, con quattro cilindri in linea; la testa dei cilindri fa corpo con il monoblocco; basamento in lega leggera; albero motore in acciaio stampato con cuscinetti di banco e di biella in bronzo, rivestiti con metallo anti-frizione; comando della valvole con punterie, della distribuzione a ingranaggi; alimentazione ad aspirazione libera, carburatore verticale; lubrificazione forzata, con una capacità della coppa pari a 9 litri; raffreddamento ad acqua con pompa centrifuga e radiatore, con 13 litri di circuito; alesaggio 100 mm, corsa 130 mm; cilindrata complessiva cc 4.084; potenza massima a 2.200 giri/ min. 42 CV, con una pressione media effettiva sulle valvole, due per cilindro, di 4.22 kg/cmq.



In alto: l'ingegner Giuseppe Merosi di fianco al motore Alfa 24 HP.  
Sopra: l'ingegner Merosi con la famiglia su un'Alfa Romeo 24 HP.









Il motore equipaggiò un biplano costruito dallo stesso tecnico, con l'aiuto dell'esperto di aviazione Antonio Santoni e del pilota collaudatore Nino Franchini, che ricordato come biplano Santoni-Franchini, compì il suo primo volo il 15 novembre del 1910 a Milano.

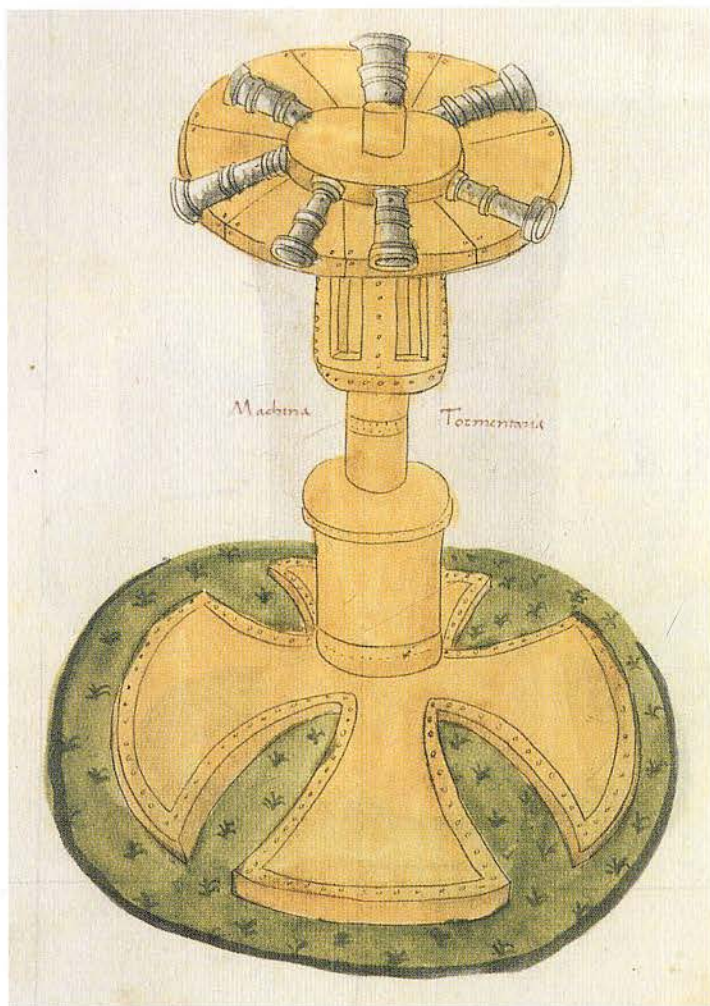
Ma il sistema di raffreddamento di quei motori, che pur fornivano già notevoli prestazioni, era sempre più complicato e articolato. Chilometri di tubi per l'acqua, pompe di circolazione, radiatori vari e raccordi sofisticati, non erano la soluzione ideale per il volo, che peraltro avvenen-

do nell'aria, per giunta molto fredda per l'altezza, lasciava intuire che proprio in quel costante contatto stava la soluzione del problema. E ben presto iniziò lo studio, la sperimentazione e la costruzione di motori a combustione interna, raffreddati ad aria.

*Nella pagina a fianco: il biplano in fase di assemblaggio con Nino Franchini ripreso ai comandi.*

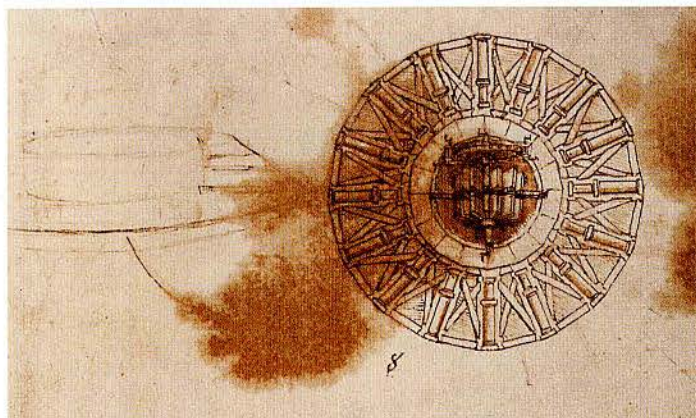
*In questa pagina: il primo volo del biplano a Milano, il 15 novembre del 1910.*





### *Il motore radiale*

Prima ancora che Leonardo nascesse, già diversi tecnici si erano cimentati con artiglierie a canne multiple rotanti disposte in maniera radiale, su di un apposito disco. L'arma vista dall'alto, per la sua stretta simmetria, ricordava una stella: un elementare congegno di accensione di ciascuna canna, mai definito ma forse attivato dalla stessa rotazione del disco, ne provocava lo sparo, in successione e sempre nella medesima direzione. Di un'arma del genere si trova riscontro nell'opera del Valturio, come pure fra gli schizzi di Leonardo, che la definì *circumtronicò*: la sua intuibile pericolosità valse ad interdirne avventate adozioni e future migliorie, relegandola nel limbo delle invenzioni demenziali e bizzarre, di tanto in tanto riproposte e spacciate come novità. Mezzo millennio dopo, quel singolare criterio informatore fu alle spalle del motore radiale o a stella.



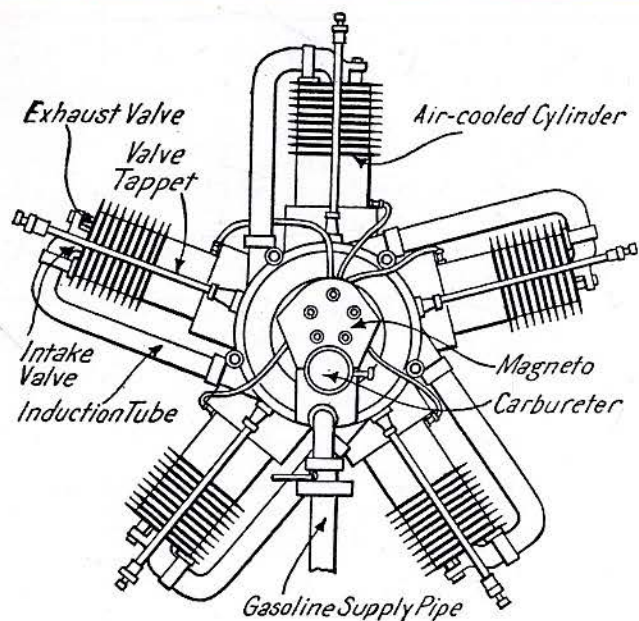
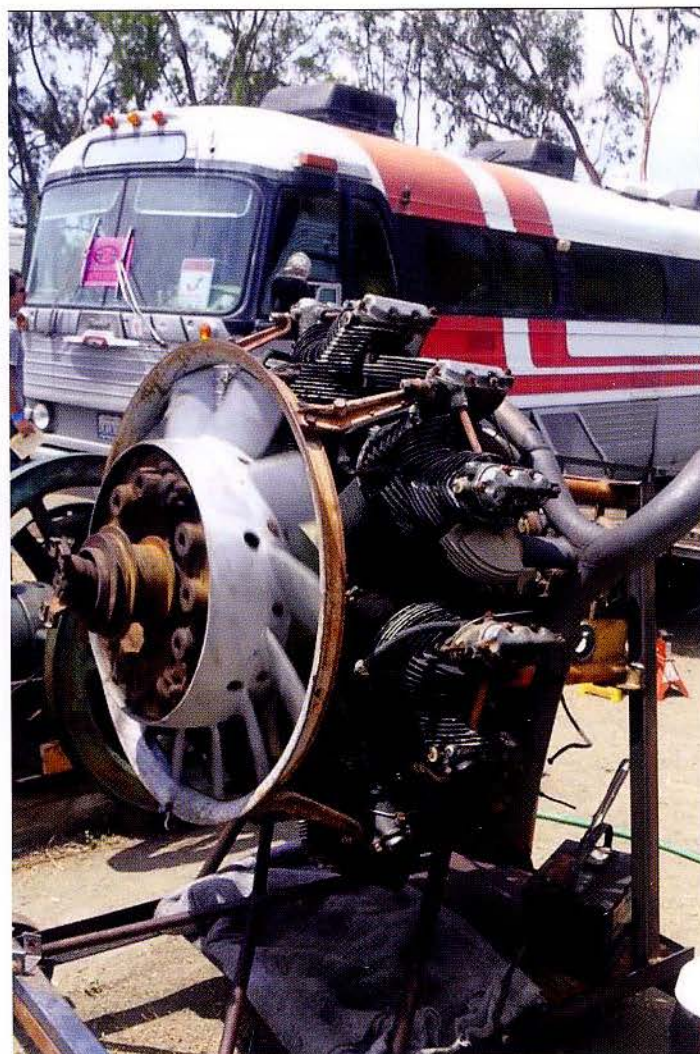
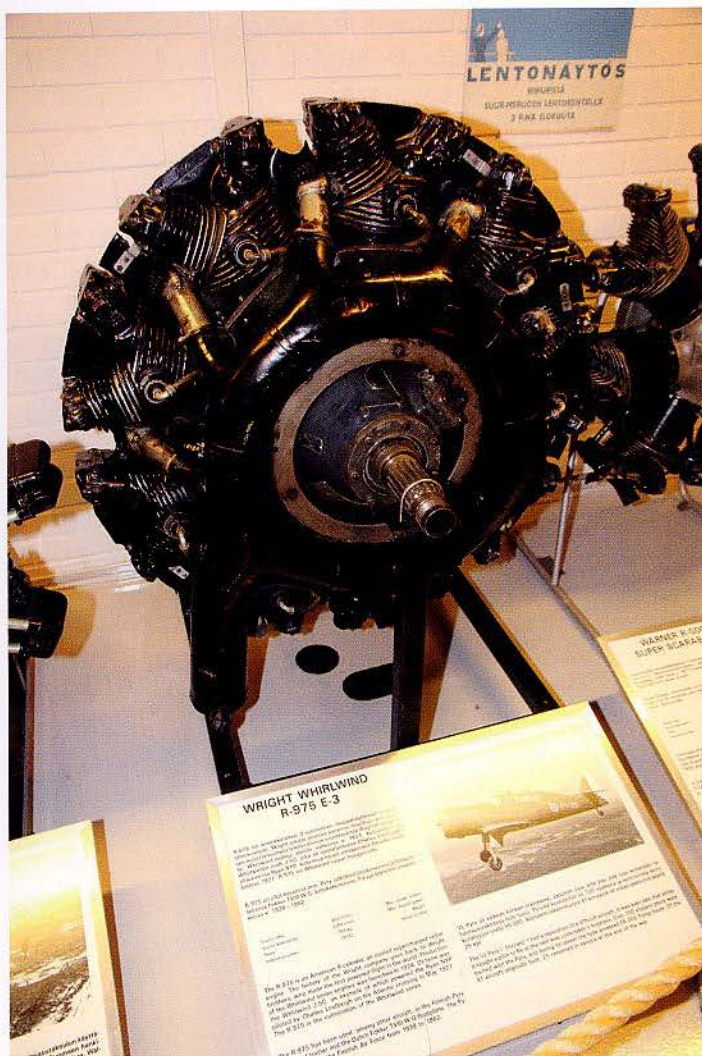
La montante corsa verso l'autoveicolo ed il volo, erodendo il monopolio ferroviario nei trasporti, spingeva verso propulsori a combustione interna al contempo potenti, leggeri e soprattutto semplici ed affidabili. Magari del tutto inconsapevolmente, magari per una fortuita reminiscenza leonardesca, sul finire del XIX secolo, si realizzò che in un motore a combustione interna i cilindri oltre a essere affiancati in linea lungo un albero, si potevano disporre anche radialmente intorno ad un albero, in pratica come le bocche da fuoco disegnate da Valturio<sup>14</sup>. Sotto l'aspetto meramente dinamico la maggiore differenza fra le artiglierie rotanti ed i motori con i cilindri disposti come i raggi di una ruota, e definiti in breve radiali o a stella, era nell'essere il moto impresso alle palle centrifugo e centripeto, invece, quello impresso agli stantuffi, chiamati ormai abitualmente *pistoni*.

Quale che ne sia stato lo stimolo inventivo, dal punto di vista meccanico i motori a stella potevano funzionare in due modi nettamente diversi: tenendo fissa la stella dei cilindri, il moto progressivo dei pistoni avrebbe fatto ruotare l'albero motore; per contro tenendo fisso l'albero motore gli stessi pistoni avrebbero finito per ruotare insieme alla stella dei cilindri. I primi si definirono motori stellari, i secondi rotativi, in apparenza del tutto simili fra loro, ma in effetti talmente diversi da restringere il settore precipuo d'impiego dei rotativi alla sola aviazione. Quelli stellari, invece, si confermarono validi anche per impieghi terrestri, come ad esempio il Wright-Continental R-975 Whilwind da 16 litri su 9 cilindri da 400 hp montato sui carri armati Sherman M4 prodotti nel corso della Seconda Guerra Mondiale.

In ogni caso entrambe le tipologie si dimostrarono subito ideali per la nascente aeronautica. Il loro ingombro e peso risultavano notevolmente minori dei pari cilindrate

<sup>14</sup> Cfr. R. VALTURIO, *De re militari*, 1446-1455, copia conservata presso l'Archivio Storico Amma, fol 93 v.





in linea; per conseguenza notevolmente minore il rapporto peso/potenza; elementare ed affidabile il raffreddamento ad aria che essendo tutti i cilindri esposti direttamente ed in eguale misura all'aria, specialmente nei rotativi avveniva persino con l'aereo al suolo; brevissimo l'albero che, esente da dannose torsioni, conferiva alla macchina una grande robustezza. Dal punto di vista costruttivo, i pistoni di un motore a stella stanno disposti a distanza progressiva dal centro di rotazione e non in appena due posizioni al-

Nella pagina precedente: raffigurazioni di armi a canna multipla e disposizione radiale. A sinistra, Roberto Valturio, *De re militari*, C19, p. 449; a destra, Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, fol. 1r.

In alto a sinistra: il motore radiale Wright-Continental R-975 Whirlwind da 16 litri su 9 cilindri da 400 hp.

In alto a destra: il motore radiale Wright-Continental R-975 adattato allo Sherman M4.

A fianco: schema di funzionamento di un motore radiale.



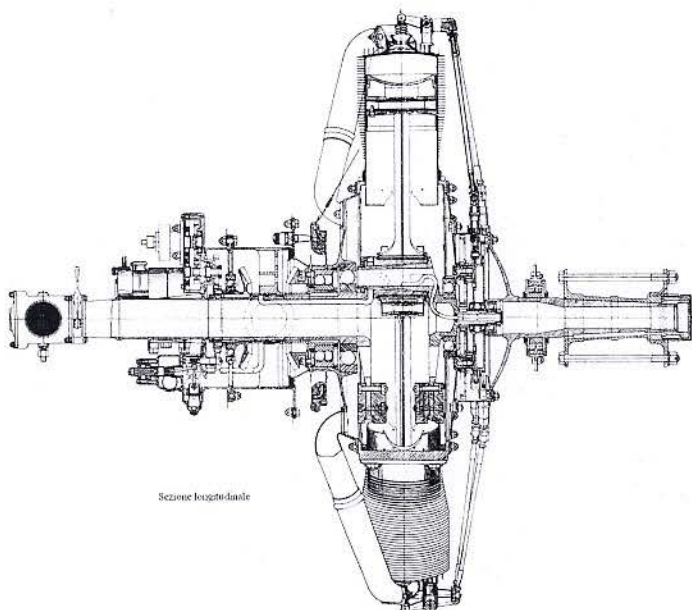
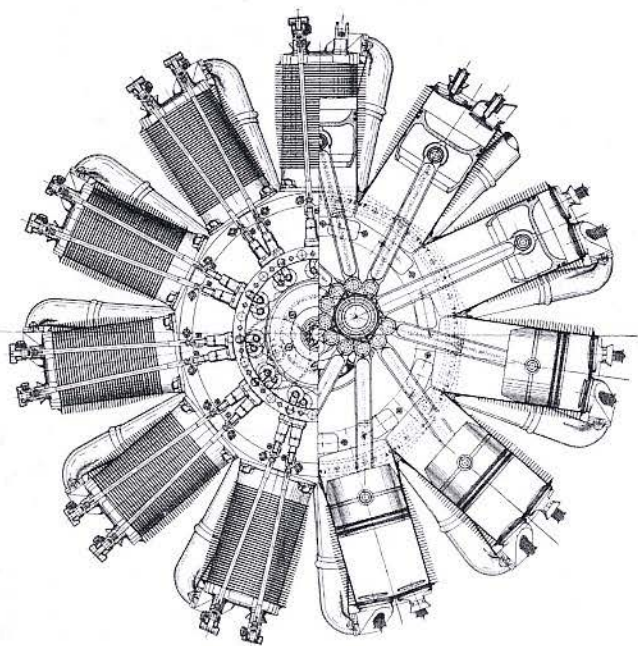
ternative, come in quello in linea. Il che implica un curioso imbiellamento: una sola grande biella, definita *madre*, l'unica imperniata mediante le tradizionali bronzine intorno all'unico bottone di manovella, recante sulla corona le sedi dei perni di tutte le altre bielle, definite *bielletle*. Queste, il cui numero è pari a quello dei pistoni meno uno, sono simili alla madre nella parte superiore ma vistosamente minori nell'inferiore, dovendosi adattare a perni di diametro molto più piccolo di quello del bottone di manovella. Il collegamento biella madre-biellette è considerato meccanicamente scorretto, dal momento che i rispettivi centri di rotazione non coincidono, a detrimento del rendimento del motore. La deficienza, tuttavia, specialmente nei motori rotativi, per i ricordati vantaggi fu sin dall'esordio ritenuta trascurabile. Quanto alle valvole la soluzione abituale fu di comandarle con un tamburo ad eccentrici collocato nel carter, fatto però girare a velocità ridotta rispetto allo stesso o dell'albero motore da un'apposita coppia d'ingranaggi.

Sebbene, come accennato, a prima vista appaia difficile distinguere un motore stellare da uno rotativo, in realtà le differenze sono numerose e significative. Tanto per cominciare mancano nel secondo i cavi per la distribuzione dell'alta tensione alle candele, bastando che queste, girando insieme ai rispettivi cilindri, ne sfiorassero la sorgente. Mancavano pure, nei modelli più arcaici i condotti di alimentazione, sostituiti da circuiti interni, di varia complessità. Persino embrionale lo scarico dei gas, ridotto ad

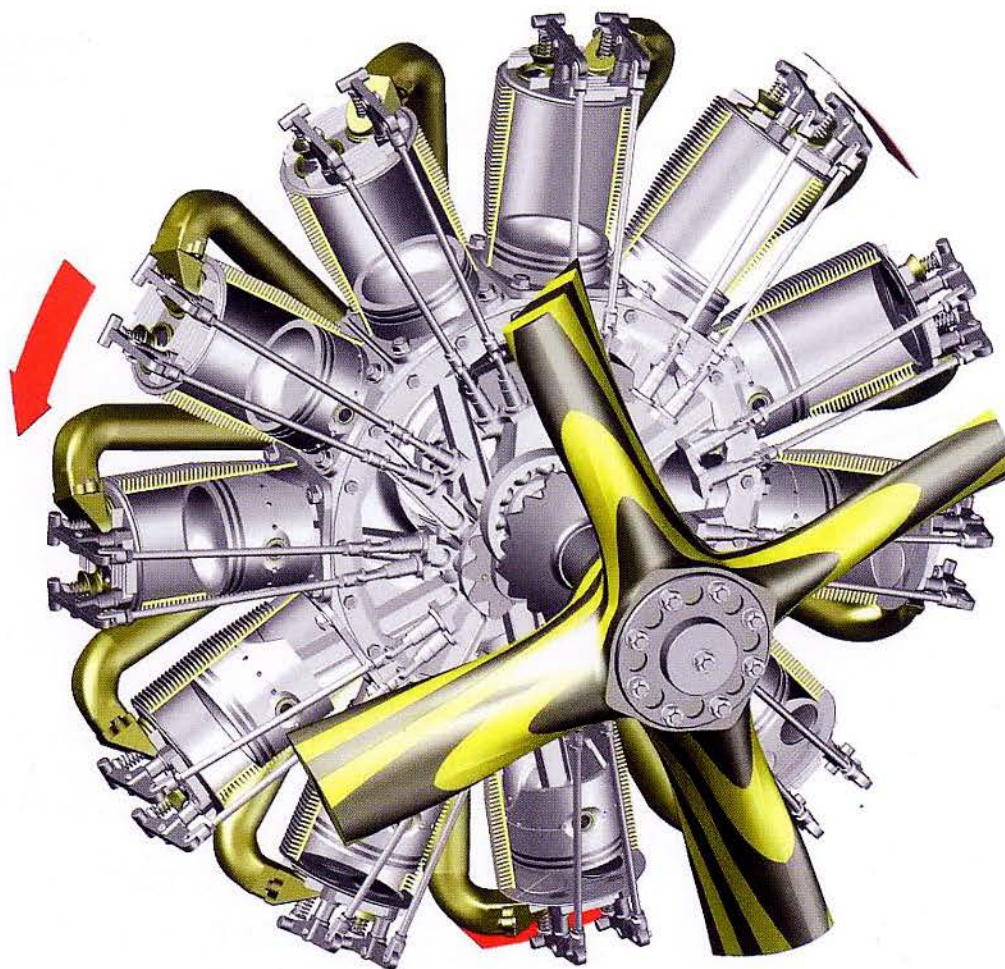
un semplice gomito uscente dal cilindro, lasciando perciò intuire il terribile rumore prodotto durante il funzionamento mancando ogni silenziatore. Nonostante tutto, i vantaggi derivanti dalla semplicità del motore rotativo furono molteplici, tra cui l'assenza di vibrazioni sin dall'avviamento, sopprese dall'inerzia della sua massa rotante ma, paradossalmente proprio quel pregio divenne presto il suo peggior difetto. La massa rotante del motore, infatti, si trasformava in un grande giroscopio che rendeva più arduo governare l'aereo, tendendo a mantenere con una certa rigidità la rotta coincidente con la direzione dell'albero motore! La stretta simbiosi mutualistica instauratasi immediatamente fra il motore rotativo e l'aereo, soprattutto da caccia, scaturiva oltre che dai suoi numerosi vantaggi meccanici anche dalla sua minore vulnerabilità, connotazione sicuramente apprezzata e ricercata in una macchina da guerra. Il motore rotativo si dimostrò sempre coriaceo e resistente nei combattimenti, al punto che persino con un cilindro danneggiato dal fuoco avversario, continuava in genere a funzionare, grazie alla sua notevole inerzia e all'alimentazione indipendente dei restanti.

Con l'adozione della sovralimentazione, che non poteva distribuirsi a tutti i cilindri tramite un'unica condotta come nei motori in linea, ma richiedeva uno smistamento

Sotto e nella pagina a fianco: *disegni tecnici e schema di funzionamento del motore radiale Siemens-Halsker Sh.III.*





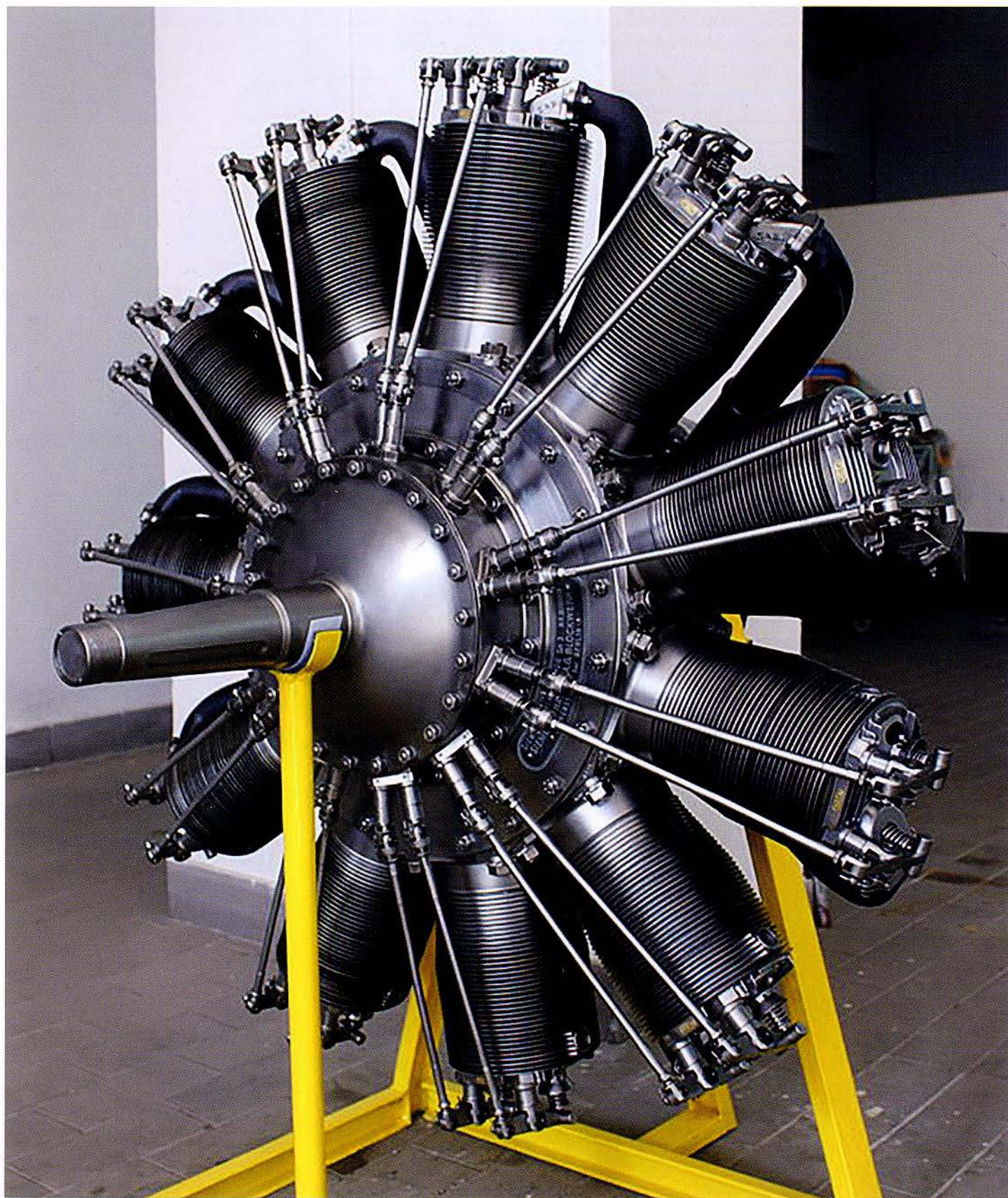


separato, quei pregi svanirono. Svanì pure il loro efficacissimo raffreddamento, poiché la forte resistenza aerodinamica che presentavano ne impedì l'impiego, senza adeguate carenature sfuggenti. Senza contare che le sollecitazioni centrifughe implicavano resistenze passive nei cilindri che solo l'acciaio poteva garantire, contribuendo però con il suo peso a decurtare i vantaggi del rotativo.

Un ingegnoso ibrido fra le due tipologie fu il motore birotativo: nel corso della Prima Guerra Mondiale molte industrie tra cui la Siemens-Halske, facente parte del gruppo Siemens, si impegnarono nella costruzione di motori che potessero essere utilizzati dalla Luftstreitkräfte, l'aeronautica militare tedesca. Per soddisfare le crescenti esigenze di motori con potenze maggiori, soprattutto in alta quota, per l'impiego su velivoli da caccia, la Siemens-Halske, dopo aver prodotto i precedenti motori Sh.I e Sh.II, nell'autunno del 1916 iniziò lo sviluppo di un nuovo modello, lo Sh.III, sotto la guida dell'ing. Franz Dinslage.

Come i suoi predecessori, lo Sh.III era un motore a stella di tipo "birotativo"; tale impostazione costruttiva era peculiare dei motori Siemens-Halske di quel periodo. A differenza dei contemporanei motori a stella rotativi in cui l'albero a gomiti era solidale al telaio ed il blocco dei cilindri solidale all'elica ruotava attorno ad esso, nel motore birotativo le parti interne quali biella madre, bielle e albero a gomiti, giravano in senso orario (visto frontalmente) mentre il blocco dei cilindri e l'elica ad esso connessa, girava in senso antiorario. I vantaggi di questa particolare soluzione costruttiva consistevano nel poter avere una riduzione delle sollecitazioni meccaniche per il fatto che gli organi del motore raggiungevano, in condizioni normali, una velocità di rotazione di 900 giri/minuto, corrispondente però, ai fini della potenza erogata, ad una rotazione relativa di 1800 giri/minuto. Inoltre, poiché le principali masse rotanti del motore avevano verso di rotazione uguale ed opposto, l'effetto giroscopico era sensibilmente ridotto (rispetto ad un motore rotativo) con grande bene-







ficio sulla manovrabilità del velivolo. In oltre, la ridotta velocità di rotazione (900 giri/minuto) garantiva una riduzione delle perdite per attrito con l'aria derivante dalla rotazione dei cilindri ed un incremento dell'efficienza dell'elica al valore di circa il 68%. Il motore Sh.III venne costruito anche in versione "surcompressa" denominata Sh.IIIa, avente un rapporto di compressione superiore per ottenere prestazioni maggiori ad alta quota. Tale modifica comportava però la necessità di limitare opportunamente la potenza a terra per salvaguardare l'affidabilità del motore. Il principale svantaggio del motore birotativo era la conseguenza del ridotto numero di giri in quanto si riduceva l'efficienza del raffreddamento dei cilindri. Le conseguenze di tale problema, usura precoce e rotture anomale, si resero più gravi verso la fine del conflitto per la mancanza di forniture di olio di ricino, usato come lubrificante ed il conseguente uso del "Voltol", un sostituto derivato da oli minerali ma avente qualità inferiori. Durante il conflitto lo Sh.III era prodotto sia dalla Siemens-Halske sia dalla Rhemag di Mannheim su licenza. I motori costruiti da quest'ultima risultarono migliori dal punto di vista dell'affidabilità e vennero impiegati nei velivoli operanti al fronte. Nonostante tutto, lo Sh.III è stato per la sua epoca un motore tecnicamente avanzato e capace di notevoli prestazioni in termini di potenza massima erogata, consumo specifico e rapporto massa/potenza. Nel settembre del 1918 un caccia Siemens-Schuckert D.IV equipaggiato con motore Sh.IIIa fece registrare una prestazione ragguardevole per la sua epoca raggiungendo da terra la quota di 8100 metri in 36 minuti<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Dalla scheda tecnica del Motore aeronautico Simens & Halske Sh. IIIa, 1917-1918, redatta dal Museo Storico dei Motori e dei Meccanismi, presso l'Università degli Studi di Palermo.

Nella pagina a fianco: motore radiale Siemens-Halsker Sh.III. In alto: locandina pubblicitaria dell'olio motore Voltol.

A fianco: un Siemens-Schuckert D.IV equipaggiato con motore Sh.IIIa.



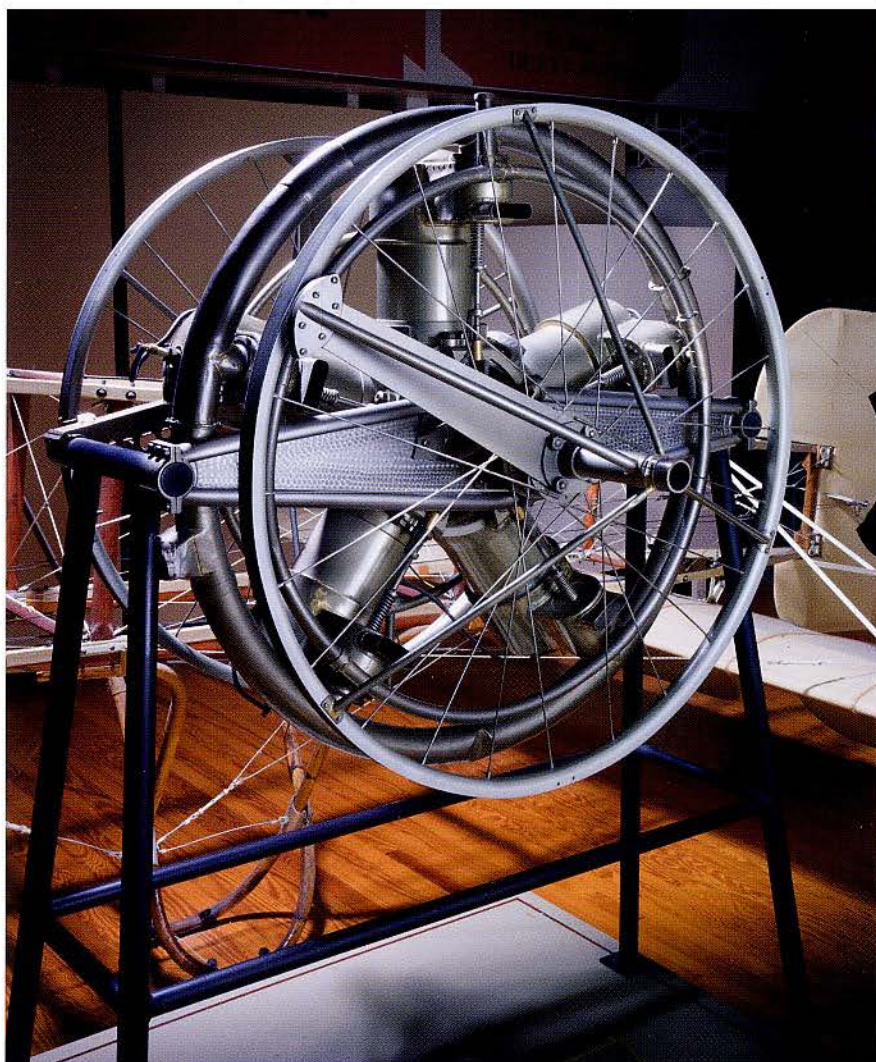


Dal punto di vista cronologico l'invenzione del motore rotativo a stella rimonta al 1899, quando l'americano Stephen Balzer, 1864-1940,<sup>16</sup> dopo averne costruito per un motociclo un prototipo a tre cilindri a 120°, (che già un decennio prima ne era stato costruito uno similare in Australia), ne realizzò un altro a cinque cilindri. In ogni caso si deve attendere il 1907 affinché un nuovo motore rotativo a cinque cilindri, realizzato dai fratelli Louis e Laurent Seguin, funzioni in maniera ottimale. Il loro primo modello di successo fu il motore *Gnome Omega* a 7 cilindri, pesante appena 75 kg e capace di erogare un potenza di 50 CV. Fu con quel motore che Henry Farman superò con il suo aeroplano i 100 km/h nel 1910. Nel 1915 la loro *Société des Moteurs Gnome*, fondata nel 1905 si fuse con la *Société industrielle des Moteurs Le Rhône*, fondata a sua volta nel 1897 e che produceva dal 1911 un motore a 9 cilindri di 11 litri, capace di sviluppare con 90 kg di peso prima 70 e poi 80 CV e quindi 110 CV con la cilindrata incrementata a 12 litri. Dalla fusione scaturì la *Société des Moteurs Gnome et Rhône*, che avviò una massiccia produzione di motori rotativi, per l'aviazione che stava nel frattempo uscendo dalla sua fase pionieristica: ben 25.000 direttamente ed altri 75.000 su licenza! Ed è certamente singolare ricordare che gli apparecchi da caccia che si scontravano sui cieli d'Europa, quale che ne fosse la nazionalità, montavano comunque motori Gnome et Rhône!

Quei motori, infatti, erano costruiti su licenza un po' dovunque. In Italia se ne produssero due tipi, da 9 e da 7 cilindri, rispettivamente da 100 CV e 80 CV, dalla SIMGER- Società Italiana Motori Gnome e Rhone- e dalla LUCT- Lodetto, Ubertelli e Cavalchino. Questa, infine, la scheda riassuntiva relativa agli aerei<sup>17</sup> impiegati dall'Esercito nel corso della Prima Guerra Mondiale, equipag-

<sup>16</sup> Per approfondimenti cfr. H. SMITH, *Una storia di motori a pistoni per aerei*, Sunflower University Press, 1986

<sup>17</sup> Per ulteriori notizie al riguardo cfr. A. CHIUSANO, M. SAPORITI, Palloni, dirigibili ed aerei del Regio Esercito 1884-1923, Roma, 1998, pp. 175-237.

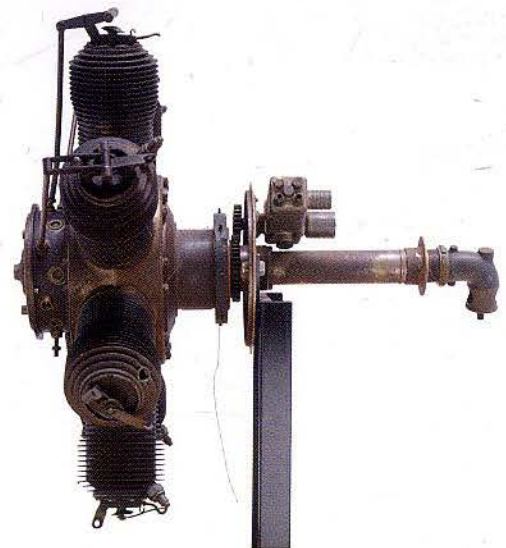
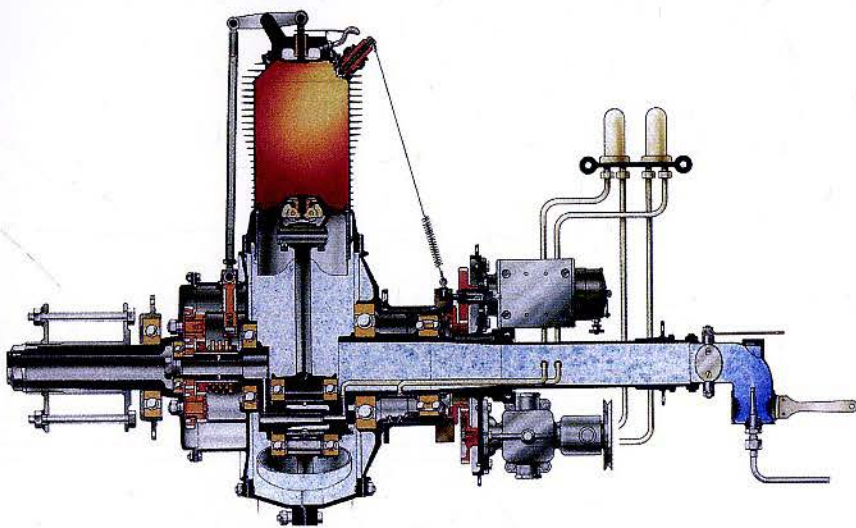
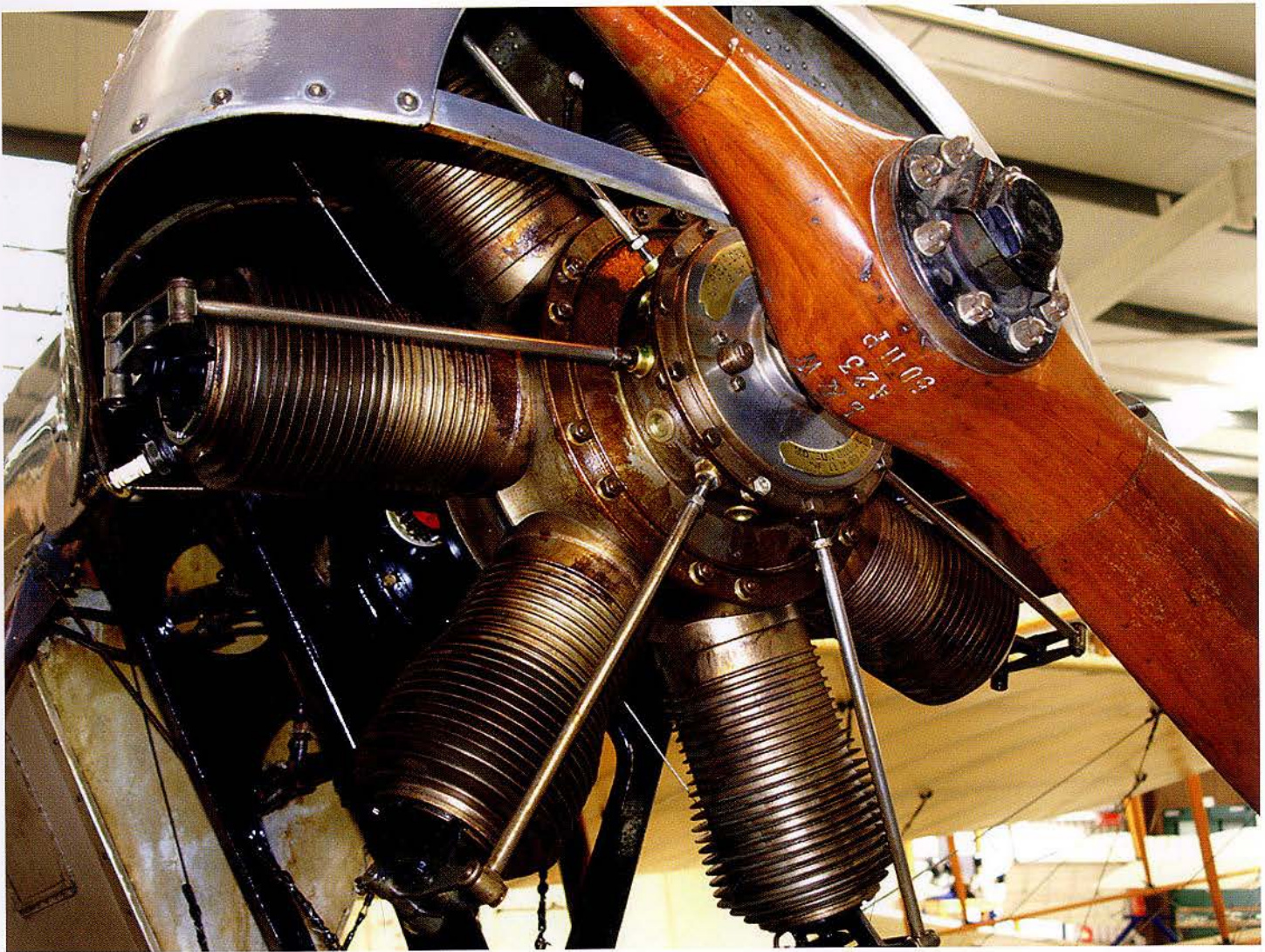


giati con motori GNOME, Le RHÔNE e GNOME et Le RHÔNE:

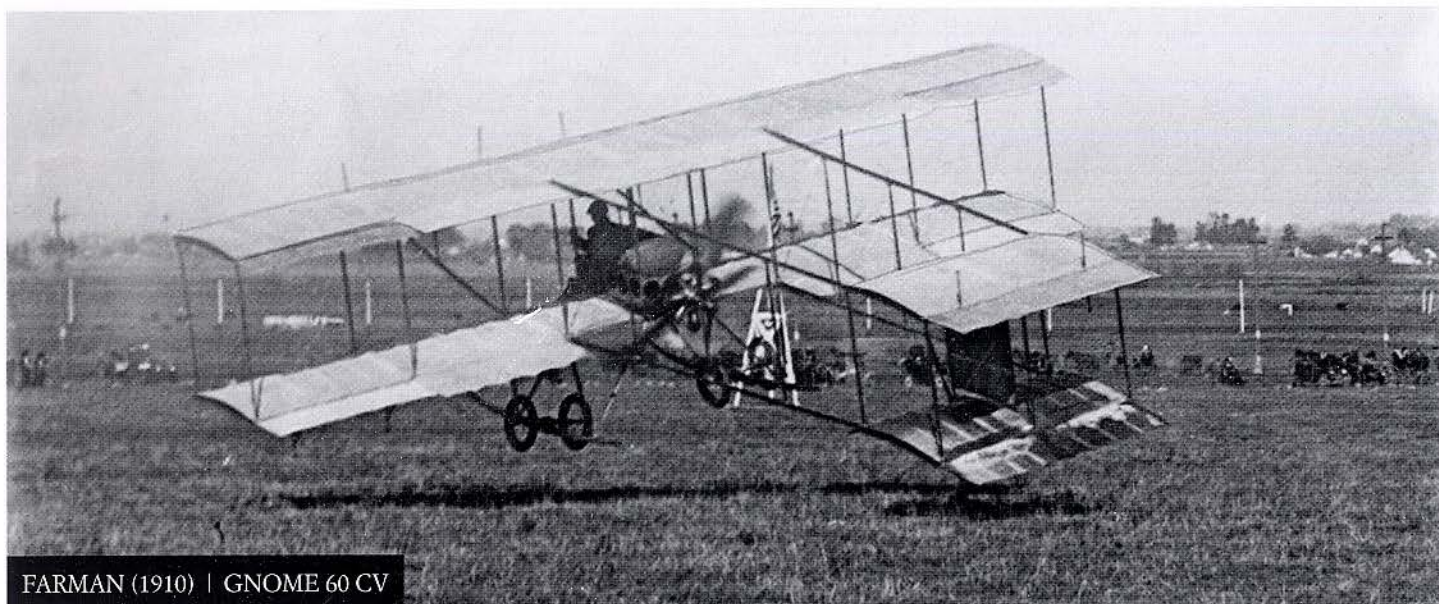
FARMAN 1910	GNOME 60 CV
BLERIOT XI 1910	GNOME 80 CV
NIEUPORT 1911	GNOME 50 CV
GABARDINI 1913	GNOME 80 CV
FILIASI (1913-1915)	GNOME 50 CV
MACCHI PARASOL 1913	GNOME 80 CV
CAPRONI MONOPLANO Ca 18 1913	GNOME 80 CV
CAUDRON G 3 1915	GNOME 80 CV
CAUDRON G 4 1915	Le RHÔNE 80 CV
MACCHI NIEUPORT Ni 10 1916	GNOME-RHÔNE 80-90 CV
MACCHI NIEUPORT Ni 11-17 1916	Le RHÔNE 110 CV
MACCHI-HANRIOT HD 1917	GNOME-RHÔNE 120 CV

In alto: il motore radiale del 1899, ideato da Stephen Balzer.  
Nella pagina a fianco: il motore a stella Gnome Omega Seguin.

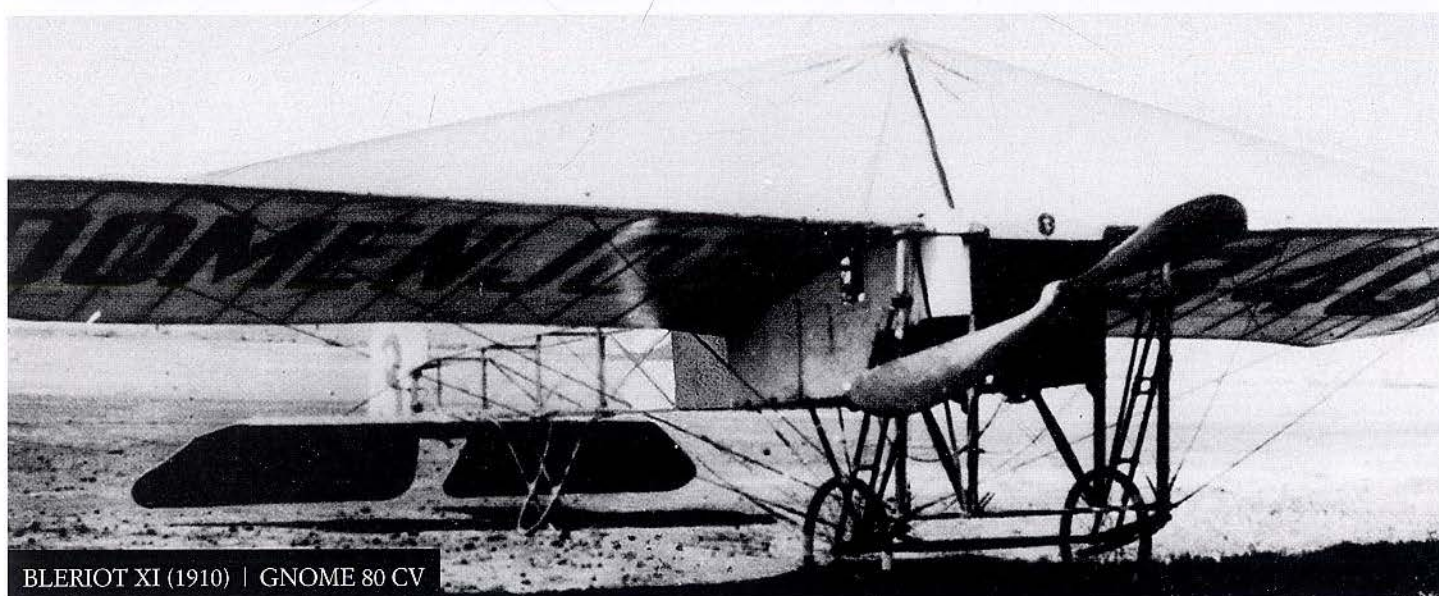




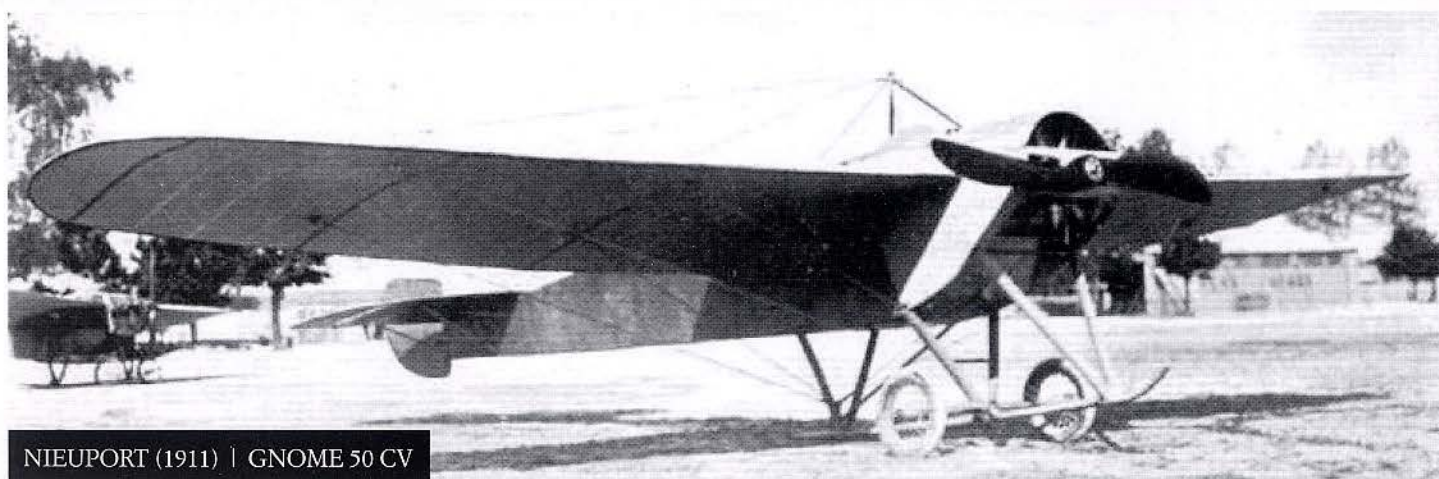




FARMAN (1910) | GNOME 60 CV



BLERIOT XI (1910) | GNOME 80 CV

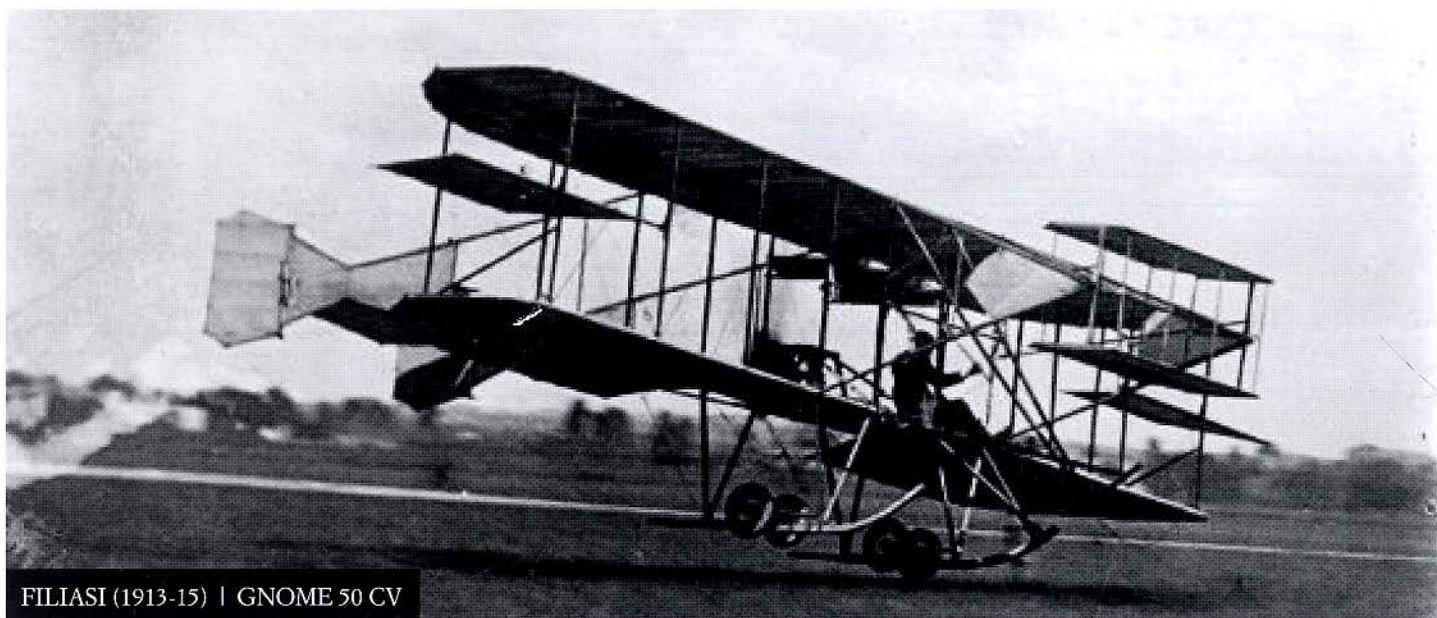


NIEUPORT (1911) | GNOME 50 CV

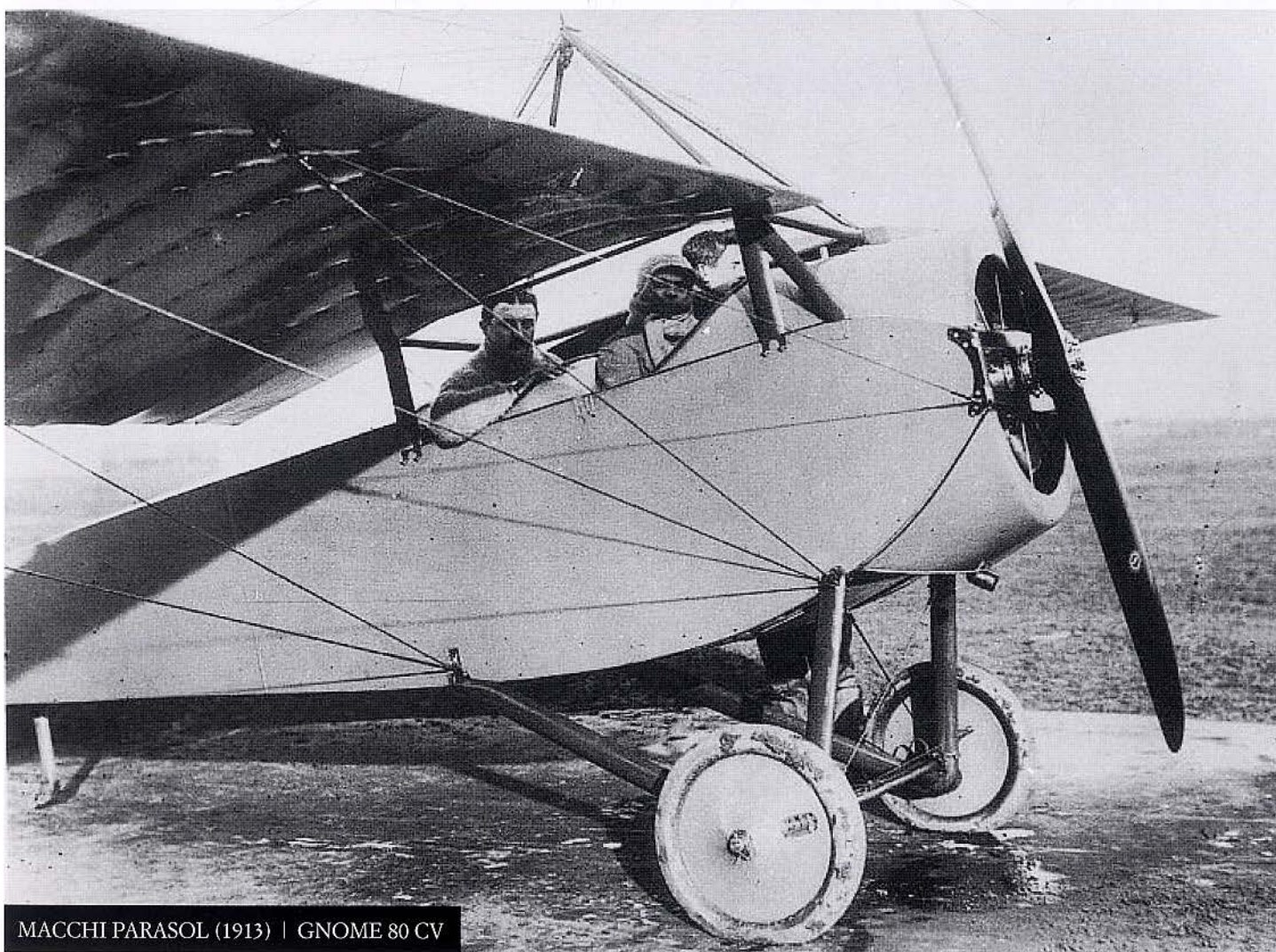








FILIASI (1913-15) | GNOME 50 CV



MACCHI PARASOL (1913) | GNOME 80 CV

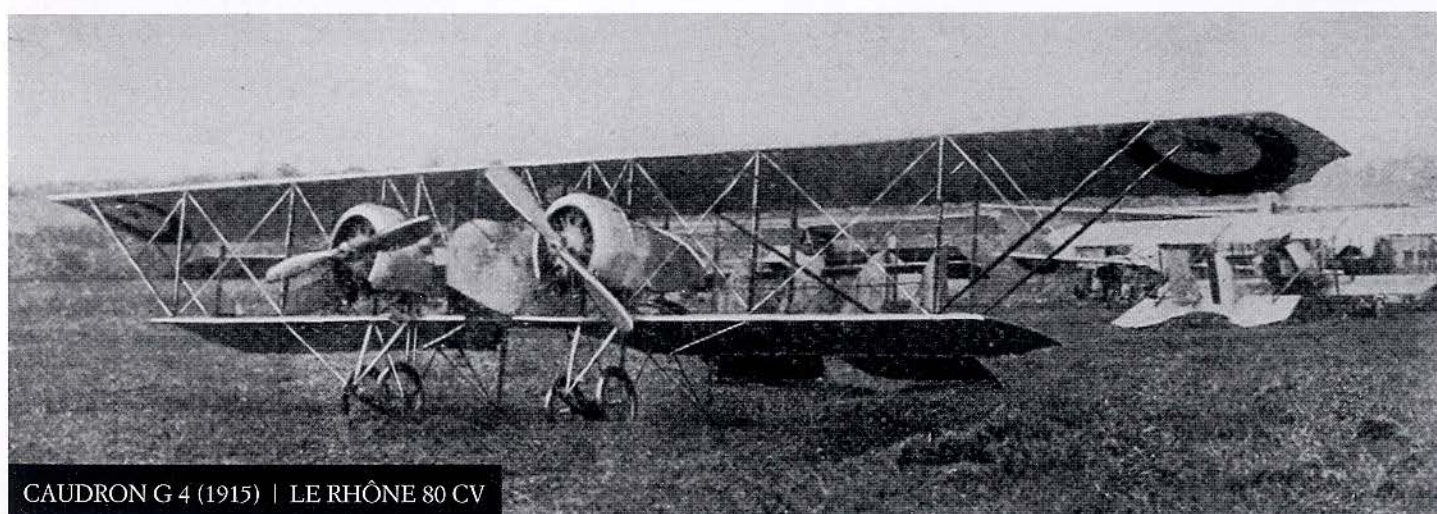








CAUDRON G 4 (1915) | LE RHÔNE 80 CV



CAUDRON G 4 (1915) | LE RHÔNE 80 CV





MACCHI NIEUPORT Ni 10 (1916) | GNOME-RHÔNE 80-90 CV



MACCHI NIEUPORT Ni 10 (1916) | GNOME-RHÔNE 80-90 CV





### *Il motore in linea e a V*

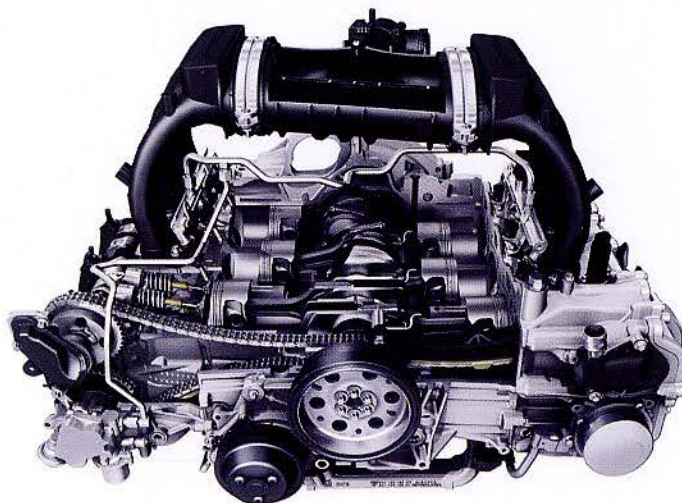
In precedenza è stata ricordato il pezzo d'artiglieria a canne multiple affiancate su più ordini rotanti a 120° disegnato da Leonardo,<sup>18</sup> che trova un corrispettivo nei motori a combustione interna a con i cilindri disposti a V, in particolare con quelli a 90° e 60°. Sebbene concettualmente i motori con due bancate di cilindri separate siano in sostanza simili, va osservato che si definivano a V quando l'angolo formato fra loro era sempre inferiore a 180°, mentre se uguale si chiamavano *boxer*. A parità di cilindri sono di minore lunghezza di quelli in linea e di minore altezza, ideali perciò per essere ospitati nella prua di un aereo da caccia. Va osservato che per ragioni squisitamente meccaniche i motori V8, V12 e V16, dove la cifra indica il numero complessivo dei cilindri, risultano meno sbilanciati e quindi fonte di minori vibrazioni dei V2, V4, V6 e V10, che richiedono spesso un controalbero per attutirle.

Le rilevanti potenzialità del motore a V, dopo una fase di pura supposizione, vennero pienamente recepite nelle gare di velocità fra gli idrovolanti della Coppa Schneider svoltesi fra gli anni '20 e '30: in particolare pur essendo il motore a V più complesso e, quindi, più pesante di quello a stella, la sua minore sagoma di testa permetteva una cospicua riduzione della sezione frontale dell'aereo, abbat-

tendone sensibilmente la resistenza aerodinamica, senza contare che il numero dei cilindri poteva incrementarsi quasi discrezionalmente, non implicando l'accrescimento abnorme del diametro come nel caso degli stellari. Ulteriori vantaggi si ebbero con l'avvento della sovralimentazione, che richiedeva un unico condotto per ogni bancata di cilindri e non una serie di tubi. Tra gli angoli furono preferiti quello di 90° e quello di 60°: il primo però ingombrava di più, rispetto al secondo, entrambi comunque montavano due testate separate e un unico albero motore.

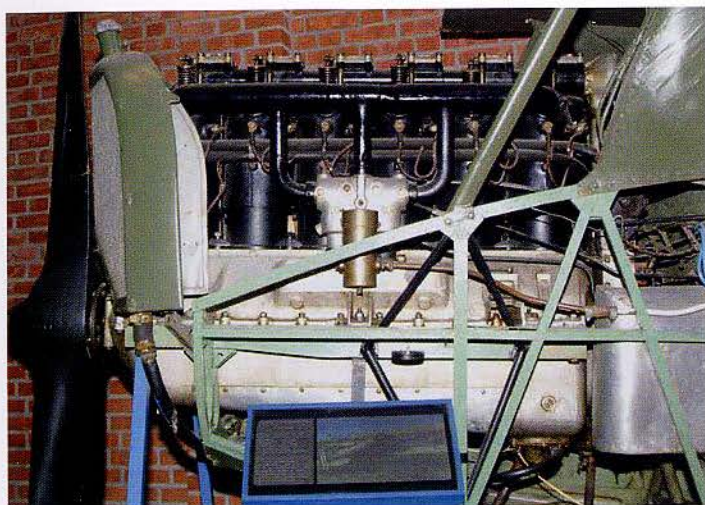
A fianco alla produzione per gli aerei da caccia dei motori rotativi e a stella in genere, sul finire della guerra

iniziano a imporsi, come accennato, quelli in linea e, in particolare a V: tra i primi un ottimo 185 hp della BMW da poco costituitasi. Ma al riguardo la produzione alleata è decisamente superiore, in particolare con l'otto cilindri a V detto *Hispano-Suiza*, dal nome della località, Barcellona, dove è prodotto e della nazionalità, svizzera, del suo progettista l'ingegner Marc Birkgit. La fabbrica avviò la produzione bellica proprio con il motore ad 8 cilindri a V di 90°, sviluppato in ben cinque versioni nel corso del conflitto. Da molti autori è considerato il miglior motore prodotto dagli alleati durante la prima guerra mondiale, che già nei modelli del 1916 erogava 160 cv che salirono rapidamente a 220 per attestarsi a 300. La sua struttura era costituita da un carter e blocchi cilindri in lega leggera, all'interno dei quali stavano avvitate la canne di acciaio;



<sup>18</sup> Al riguardo cfr. F. Russo, F. Russo, *Techne. Il ruolo trainante...*, cit., vol. Età Rinascimentale, Roma 2011, pp. 222-223.





pistoni in lega leggera, bielle ed albero a gomiti in acciaio. Essendo tutte le parti mobili racchiuse in un unico contenitore a tenuta, risultava protetto dalle perdite e dalle infiltrazioni esterne, premessa per una migliore durata e funzionamento. Per contro erano rilevanti le difficoltà costruttive per cui soltanto poche fra le ditte che lo producevano su licenza, erano in grado di realizzare anche il complesso riduttore a ingranaggi, voluto dal progettista, necessario per l'installazione del cannoncino che sparava attraverso al mozzo dell'elica. Dal punto di vista meccanico si trattò di un motore compatto, con un alesaggio di 120 mm ed una corsa di 130 mm, una cilindrata complessiva di 11.8 litri ed un peso di 212 kg. La potenza erogata finirà per raggiungere i 300 CV, con un rapporto peso potenza inusitato pari ad 1 kg/CV.

Sulla stessa scia anche i vari 12 cilindri a V prodotti dalla Rolls Royce e il 6 cilindri in linea prodotto dalla Fiat e dalla Isotta Fraschini, per potenze di oltre 300 hp, raffreddati ad acqua. Potenze così elevate implicano combustioni violentissime, con conseguenti enormi assorbimenti di ossigeno, esigenza che non presenta alcuna difficoltà ad essere soddisfatta alle basse quote di volo, cioè al di sotto dei 5000 m, divenendo però critica al di sopra. In pratica l'evolversi degli aerei e la loro capacità di innalzarsi al di sopra di tale quota, iniziò rendere evidente la perdita di potenza dei rispettivi motori, che scendeva quasi alla metà intorno ai 6.000 m, rispetto a quella a livello del mare. La soluzione almeno in via teorica appariva abbastanza semplice: un compressore posto prima dell'alimentazione per sopperire alla carenza. I Francesi sperimentarono già nel 1913 una piccola turbina azionata dai gas di scarico che provvedeva ad azionare il compressore, (soluzione divenuta corrente sui nostri motori per automobili, meglio noti come *turbo*). Ma non esistendo ancora la giusta lega

per sopportare quelle prestazioni, il sistema venne presto abbandonato. Direzione del tutto diversa, invece, fu quella seguita dal 1918 dai tecnici tedeschi per migliorare le prestazioni del mitico triplano *Fokker Dr 1*, utilizzato dal barone Rosso.

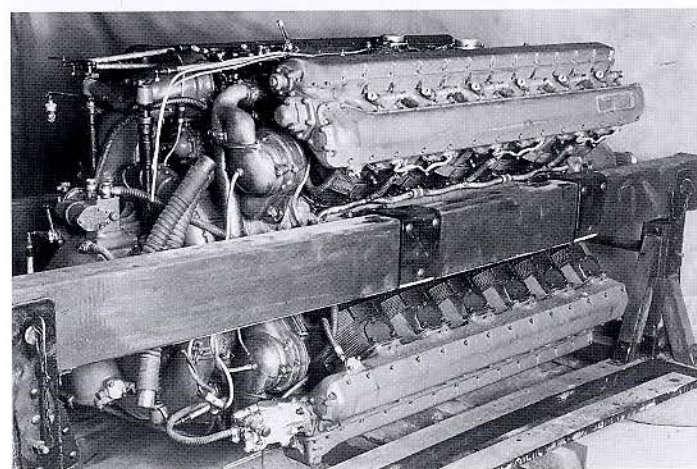
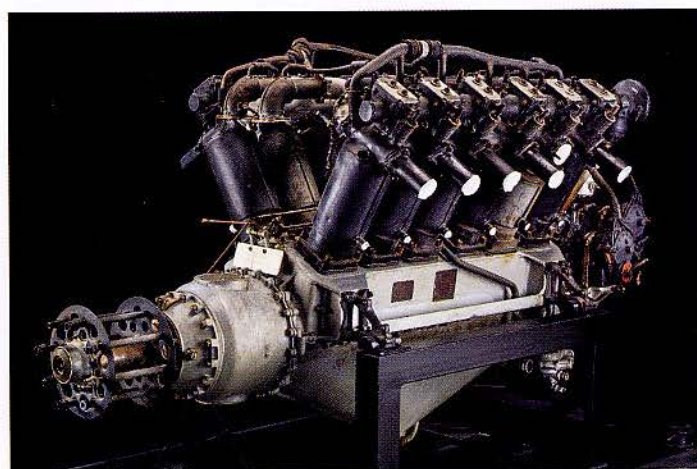
Si trattava di un compressore pesante appena una cinquantina di kg, che a pieno regime intorno ai 10.000 giri/min. assorbiva dal motore circa 20 CV, consentendogli però di recuperarne almeno 150, in modo da poter volare senza alcuna perdita di potenza persino al di sopra dei 6.000 m. Stando ai dati disponibili sembrerebbe che sul finire del conflitto i tedeschi fossero riusciti a far operare i loro caccia fino a 9.000 m: di certo subito dopo la conclusione delle ostilità tutte le potenze vincitrici presero, a loro volta, a sperimentare compressori adeguati.

Nella pagina a fianco, in basso: *il motore boxer della Porsche 911.*

Nella pagina a fianco, in alto: *il motore 6 cilindri in linea da 185 Hp della BMW.*

Sotto: *il motore 12 cilindri a V della Rolls Royce.*

In basso: *il motore 12 cilindri a V della Isotta Fraschini.*





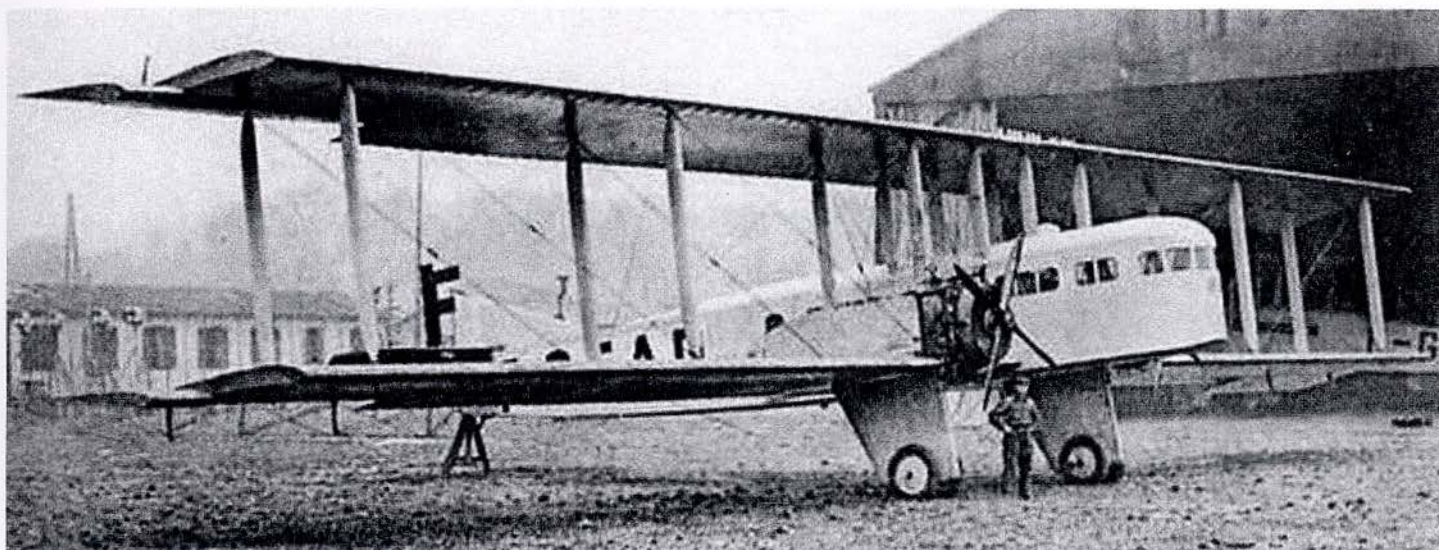


In alto: una moderna replica di un Fokker DR1.

A fianco: il motore del Fokker DR1.

Sopra: dettaglio della cabina del Fokker DR1.





### *L'aviazione civile*

Ma la guerra oltre alle migliori tecniche rivoluzionarie ed accelerate, provocò una seconda e forse persino maggiore evoluzione nell'utilizzo dei mezzi volanti e degli aerei da combattimento in particolare. A bordo trovò posto, infatti, un servente per poter maneggiare la mitragliatrice, poi un navigatore e in seguito un radiotelegrafista, funzioni che solo in parte e non in maniera ottimale poterono rientrare nelle mansioni del pilota soltanto dopo l'automatizzarsi di armi e strumenti. L'aereo perciò iniziò a trasportare un equipaggio, specialmente quando era doveva effettuare bombardamenti a lungo raggio. E furono appunto quei grossi e pesanti apparecchi che a guerra finita suggerirono un impiego alternativo, anche perché le sostanziali migliorie sostenute a seguito delle innumerevoli missioni compiute, oltre all'incremento della sicurezza si spostavano con rilevante velocità, ulteriormente esaltata dalle rotte rettilinee del tutto inconfondibile con i lenti e penosi trasporti terrestri.

Gli scontri, infatti, avevano fatto conoscere universalmente l'aeroplano e le sue potenzialità, dimostrandone affidabilità e sicurezza nonostante che tra il 1914 e il 1918 si fosse: "lavorato in modo frettoloso e sull'improvvisazione". Le necessità belliche avevano imposto tipi di aerei particolari. È la gran quantità di apparecchi rimasti una volta finita la guerra che spinge alla loro utilizzazione in campo civile. Nel febbraio del 1919 fu inaugurato il primo servizio sulla rotta Parigi-Londra con undici passeggeri, e quello sulla Parigi-Bruxelles con cinque passeggeri con aerei *Goliath F60*.<sup>19</sup>



Per quanto sostanzialmente simili per velocità e capacità di carico, la trasformazione degli aerei da bombardamento in aerei da trasporto merci e, soprattutto, passeggeri richiese vaste modifiche a volte tanto radicali da originare una nuova tipologia di aerei, ben diversa dai precedenti militari per confort e prestazioni. In tale concezione, per intuibili considerazioni, il monoplano s'impose e con lui l'orditura interna in alluminio, il carrello retrattile e la carlinga destinata ai passeggeri sempre più comoda. L'intera

In alto: un *Goliath F60*.

Sopra: la cabina passeggeri del *Goliath F60*.

<sup>19</sup> Da B. GILLE, *Storie delle...*, cit. p. 456.





metamorfosi sarà completata agli inizi degli anni '30, appena una dozzina di anni dopo la fine della guerra!

Un significativo sintomo della preminenza acquisita nell'ambito degli spostamenti veloci di merci e passeggeri lo si può cogliere nel corso della grande crisi del '29, durante la quale a differenza di tutti i settori, profondamente depressi e decimati, quello dei trasporti aerei civili non solo non vide alcuna contrazione, ma addirittura passò alla storia come l'età d'oro dell'aviazione civile. Frequentemente, del resto,

alcune amministrazioni pubbliche, e non di rado anche le più importanti imprese private, misero in palio cospicui premi per le imprese aeree più eclatanti.

Il Daily Mail, ad esempio, sin dal 1913 aveva promesso ben 10.000 sterline al primo pilota che fosse riuscito a trasvolare l'oceano Atlantico, gara però dissoltasi per la guerra e, più ancora per la mancanza di un adeguato aereo. Nel 1919, nel clima appena delineato, quell'interesse si riaccese, e complice l'enorme disponibilità di apparecchi a grande autonomia finalmente, il 14 giugno di quello stesso anno, due ex militari, il capitano John Alcock e il tenente Arthur Whitten Brown decollarono da Terranova atterrando in Irlanda, a circa 3000 km di distanza. Per l'impresa si avvalsero di un bombardiere pesante britannico, il *Vickers Vimy*, costruito pochi anni prima e modificato per accrescere la capacità dei serbatoi del carburante, sebbene la sistemazione del suo equipaggio fosse ancora rudimentale nella carlinga aperta e priva di qualsiasi comfort. Il volo incontrò condizioni meteo proibitive, costringendo il Brown a salire sull'ala per liberare dal ghiaccio le prese d'aria dei motori. Solo al mattino successivo fu avvistata la costa irlandese ma l'atterraggio effettuato pochi minuti dopo, provocò seri danni all'apparecchio. Fortunatamente illesi i piloti che guadagnarono così oltre al premio anche il titolo di baronetti!

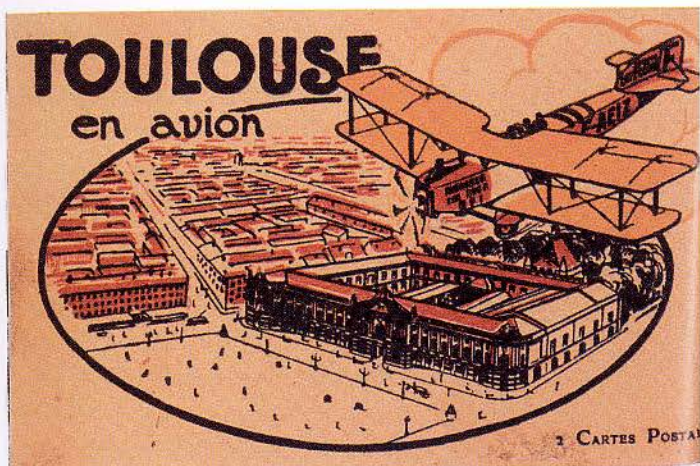
Negli anni immediatamente successivi, altri piloti si cimentarono in lunghe trasvolate, dimostrando ulteriormente l'affidabilità dei velivoli e dando vita, tra l'altro, al servizio di posta aerea che avviatosi in Francia nel 1919 con la *La Ligne*, divenuta poi l'*Aéropostale*, si diffuse in pochi anni all'intero continente americano con collegamenti regolari, compiuti anche di notte, premessa dei voli di linea propriamente detti. Sarà con Lindbergh ed il suo solitario volo da New York a Parigi, del 1927 che l'aviazione di linea spiccherà il balzo definitivo, tant'è che proprio in quel decennio si ebbero i primi collegamenti regolari aerei con passeggeri paganti: tra le



In alto: il capitano John Alcock e il tenente Arthur Whitten Brown.

A fianco: il *Vickers Vimy*, il bombardiere modificato per la storica impresa.





compagnie si distinse la *Deutsche Luft Hansa*, genitrice delle più note *Lufthansa* i cui piloti già dal 1931 volavano di giorno e di notte anche al di sopra delle Alpi. La concorrenza fra le diverse compagnie per accaparrarsi fette maggiori di mercato, valsero a stimolare ulteriormente i progressi del mezzo. Al riguardo basti pensare che se nel 1920 lo *Spad 20* raggiungeva i 265 km/h, sul finire dello stesso anno il *Nieuport-Delange* toccava i 310 km/h, velocità reputata all'epoca quasi un limite invalicabile. Nonostante ciò appena tre anni dopo si volava già a 450 km/h in un continuo crescendo. Non meno significativi gli sviluppi delle linee aeree: se nel 1919 coprivano circa 5.200 km, già dieci anni dopo erano ascesi a 202.000, per passare otto anni dopo ancora a oltre 535.000!

### *L'evoluzione dei motori a stella ed a V*

I motori rotativi nonostante la loro semplicità non potevano svilupparsi al di sopra dei 200 CV: troppo complessa

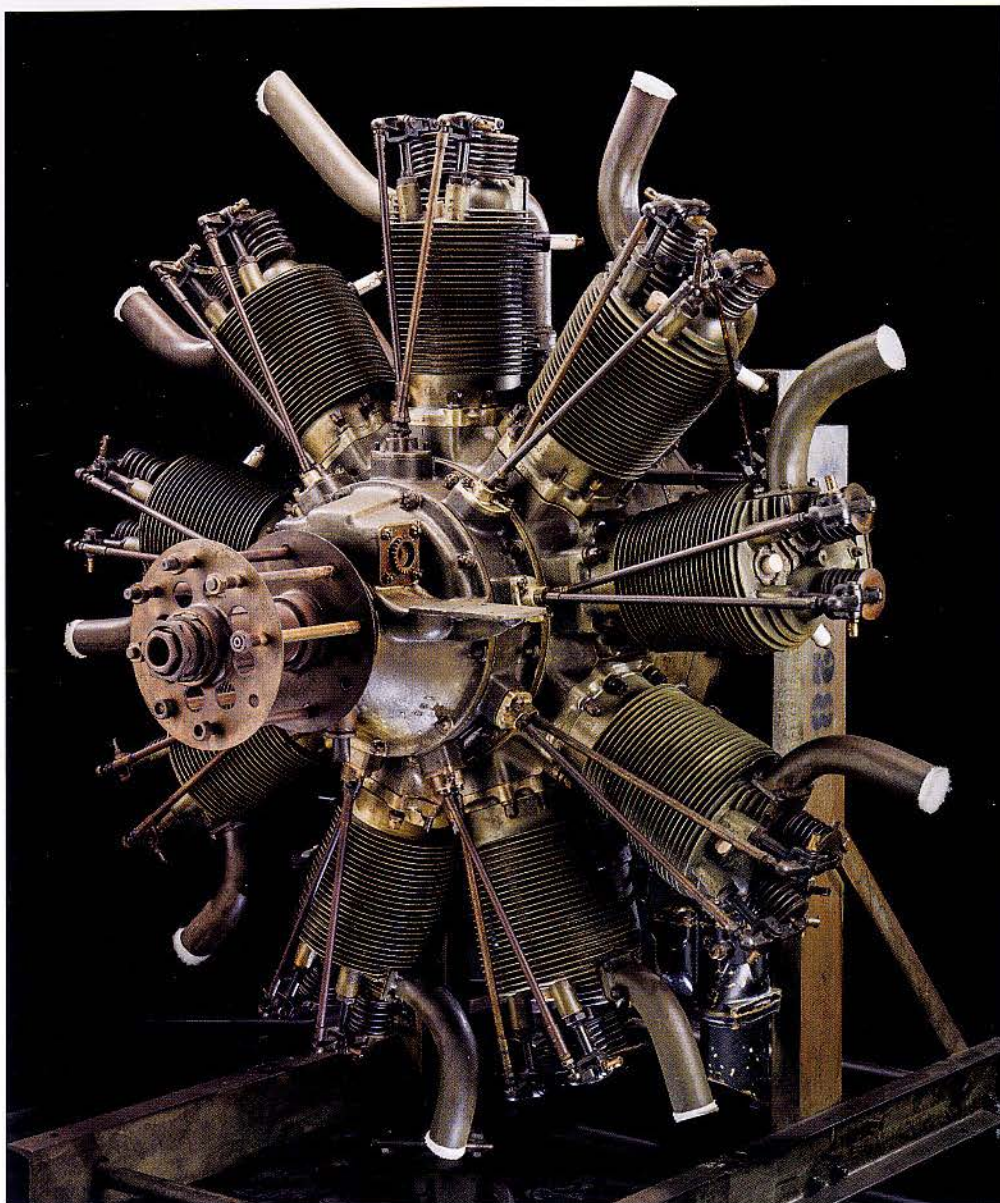
In alto: locandina pubblicitaria del servizio postale aereo francese.  
Sopra: uno degli aerei impiegati per l'innovativo servizio.  
A fianco: il motore del *Jaguar Major IV*.

la lubrificazione e soprattutto troppo incerto il governo dell'aereo per il loro effetto giroscopico. La geometria, però, della disposizione radiale dei cilindri di minimo ingombro e di facile raffreddamento ad aria, restava sempre valida, per cui si passò rapidamente ai motori stellari, nei quali girava soltanto l'albero motore. A contribuire al successo di questi motori, dopo un avvio alquanto laborioso per le difficoltà di messa a punto, sarà proprio la guerra che dimostrerà quanto sia vulnerabile un motore in linea per il suo delicato circuito di raffreddamento: un tubo tranciato, un radiatore bucato, un condotto lesionato anche da un minima scheggia o da un proiettile di piccolissimo calibro e l'aereo era perso! Discorso completamente diverso per gli stellari che risultano, stando alle statistiche statunitensi, di quasi il 25 % più sicuri di quelli in linea. Intorno agli anni '20 per rendere ancora più potenti i motori stellari, dal momento che non se ne poteva aumentare il numero dei cilindri perché ne diveniva eccessivo il diametro, si applicò una soluzione già escogitata sui rotativi qualche anno prima: l'adozione di una doppia stella.

Un buon esemplare può considerarsi il *Jaguar Major IV* un 14 cilindri a doppia stella, prodotto nel 1922 che eroga 385 CV con un peso netto di 413 kg, un rapporto peso potenza persino migliore del pur ottimo *Hispano-Suiza* innanzi ricordato. Esito derivante dall'assenza del circuiti-







to di raffreddamento e del liquido refrigerante. Ed ancora migliore il motore J-1 prodotto l'anno precedente da Charles Lawrance, uno stellare di nove cilindri di appena 216 kg capace di erogare 230 CV. Sarà l'archetipo di tutti i motori a stella singola o doppia prodotti da Wright. Su di esso compaiono per la prima volta le valvole di scarico raffreddate, soluzione che finalmente risolse il problema principale di tutti i motori d'aviazione.

Il loro impiego, infatti, a differenza di quella per auto-trazione, avviene per tempi molto lunghi e sempre ad alto regime, per cui la temperatura raggiunta dalle valvole di scarico, continuamente immerse in un flusso di gas roventi, le avariava rapidamente, comunque fossero fatte. Né

la metallurgia dell'epoca forniva leghe in grado di sopportare quei rigidissimi cimenti. Si optò allora per una soluzione diversa: le si realizzò cave ed al loro interno venne inglobato del mercurio, che muovendosi di continuo per gli scuotimenti della valvola stessa ne distribuiva il calore anche al gambo, contribuendo a raffreddarle. In seguito si optò per il sodio metallico o sali di litio, che fondendo facilmente trasferivano il calore dal fungo delle valvole allo stelo, raffreddandole<sup>20</sup>.

Anche per i motori a V si registrano migliorie, in particolare su di uno statunitense, posto in produzione nel 1917, con 12 cilindri a V che arrivò ad erogare 426 CV, con soltanto 380 kg di peso. Sarà prodotto in almeno 10.000 esemplari e dal momento che alla fine del conflitto, i depositi militari ne immisero sul mercato un gran numero a prezzi stracciati, assurse a motore per antonomasia negli anni successivi. Una spinta decisiva all'avanzamento dei motori in linea fu data in quegli stessi anni dalla Coppa Schneider riservata agli idrocorsa dalle prestazioni esasperate. L'Italia non si sottrasse al confronto, sebbene nel settore non disponesse di una tecnologia

avanzata. Ed il 3 novembre del 1926 De Bernardi, alla velocità media di 396.7 km/h, assicura con il suo *Macchi M.39* la vittoria all'Italia. Più che al motore ed al pilota il successo deve attribuirsi alla felicissima forma aerodinamica dell'apparecchio, un anticipo del futuro. La rilevanza del successo merita questa breve digressione.

<sup>20</sup> Cfr. G. FERRARI, *Motori a combustione interna*, Bologna 2016, p. 608.

In alto: il mitico motore J-1 Lawrance, che con appena 216 kg di peso era in grado di erogare 230 cv di potenza.

Nella pagina a fianco: poster della Coppa Schneider del 1927.



## La Coppa "Schneider"

Nel Principato di Monaco, la sera del 13 Ottobre 1913, in una sala dell'Hotel de Paris, frequentato da personaggi celebri, s'incontra Jacques Schneider, di una nota famiglia d'industriali, pioniere dell'aviazione ed amante degli idrovolanti, con il presidente dello Yacht Club del Principato di Monaco. Schneider, è interessato a creare una competizione aerea per idrovolanti, da svolgersi periodicamente proprio nel Principato. Siamo agli albori dell'aviazione e la formula dell'idrovolante, inizialmente sembra essere preferita all'aereo terrestre con carrello, per diverse ragioni che invece si riveleranno poi non valide. Fra queste, forse la più determinante, è costituita dal non essere vincolato al terreno, evitando la necessità delle piste d'atterraggio.

Occorre tenere presente, tuttavia, che nel periodo iniziale fino allo scoppio della Seconda Guerra Mondiale, l'idrovolante rappresenta ancora il tipo di aereo preferito da quasi tutte le aviazioni civili più importanti, specialmente, sulle rotte commerciali. Qualche anno dopo, la preferenza da parte delle maggiori industrie aeronautiche mondiali, volgerà decisamente per l'aereo terrestre in quanto le ricerche e gli studi, fino allora condotti, colmeranno alcune lacune di carattere aerodinamico.

L'invenzione degli ipersostentatori, vale a dire quelle superfici alari mobili, al fine di aumentare la portanza (sostentamento) del velivolo, renderà possibili atterraggi corti, senza l'obbligo di grandi spazi; di gran rilievo poi, lo sviluppo dei motori, sempre più potenti.

L'uso degli idrovolanti, attorno agli anni trenta, soprattutto in occasione delle edizioni della Coppa Schneider, avrà il suo apogeo ma, come vedremo, anche il canto del cigno. Per pubblicizzare l'impresa che lo stesso Schneider si apprestava ad avviare insieme al pilota francese Ernest Laurens, egli fissò una brillante idea: effettuare un volo dimostrativo con rotta da Beaulieu al Lido di Roma (Ostia), passando per Genova, Portofino, e Civitavecchia. Dopo l'accordo raggiunto, il giorno 5 Marzo 1913, prende il via quest'impresa del tutto propagandistica. I due piloti partono da Beaulieu e giungono come prima tappa a Genova. Il secondo giorno arrivano a Portofino, ma qui a causa di un forte temporale e a seguito di gravi danni subiti dall'aereo, termina, con una certa delusione, il viaggio. A parte il fallimento inaspettato, la vicenda assume, tuttavia, un posto rilevante sui giornali dell'epoca, i quali contribuiscono immediatamente ad un forte lancio pubblicitario e realmente gli organizzatori della Coppa ottengono quello che si sono prefissati in precedenza.

La prima edizione della Coppa Schneider assume la denominazione ufficiale di "Coppa d'Aviazione Marittima Schneider". Le regole della gara, inizialmente sono molto libere e non prevedono vincoli particolari, specialmente sulla potenza dei motori e sulle architetture delle cellule. Ciò, per dare la possibilità alle ditte partecipanti, di avere maggiore impulso verso la ricerca di nuove tecnologie, sempre strettamente inerenti alla tipologia degli idrovolanti. "La nazione che riuscirà a vincere per tre anni consecutivi, rimarrà in possesso definitivamente della Coppa"<sup>21</sup>.

Alla nona edizione nel 1926, la squadra italiana si prodiga alla ricerca di nuovi programmi con l'intervento basilare dello stesso Ministero dell'Aeronautica Italiana. L'ing. Mario Castoldi, appena rientrato dagli Stati Uniti, riceve perciò, l'incarico di progettare un nuovo idrovolante che avesse la possibilità di utilizzare un motore Fiat AS 2 della potenza di ben 800 HP. Dai tavoli da disegno della Macchi,

<sup>21</sup> Da A. RAO, *Le 'Ferrari' del Cielo e gli Assi. Breve storia della Coppa Schneider*, in Leonardo. It.







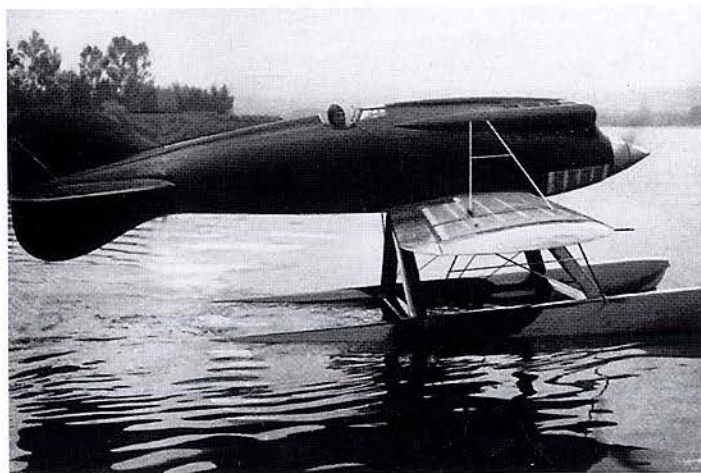
prende forma il Macchi M 39, ideato con una serie d'innovazioni tecniche geniali, che vanno dalla nuova formula monoplano, con ala bassa a sbalzo sorretta da tiranti profilati, doppi scarponi (galleggianti) alla duplice funzionalità, sia aerodinamica, sia idrodinamica. La competizione si svolgerà in Virginia, negli Stati Uniti, nella baia di Norfolk. La squadra italiana è composta, oltre ai due assi Mario De Bernardi e Arturo Ferrarin, da Vittorio Centurione, Adriano Bacula, Guascone Guasconi (riserva). Durante le prove a Varese, dove si è riunito il gruppo dei piloti per la trasferta americana, sfortunatamente, perde la vita il pilota Centurione con il suo M 39. Si verifica un forte impatto emotivo fra



tutti i componenti della squadra. È De Bernardi a dare un nuovo slancio al gruppo che riparte con un rinnovato e più decisivo slancio. Senza gli Inglesi ed i Francesi, rimangono solo gli Italiani a difendere i colori dell'Europa. Durante un volo di prova, nella fase di decollo, il pilota Giovanni De Briganti con il suo M 39, entra in avaria a causa di un principio d'incendio per un ritorno di fiamma ed è costretto ad un ammaraggio di fortuna. Ugualmente Ferrarin, interrompe un volo di prova per lo scatenarsi di un forte temporale sulla baia di Hampton; malgrado ciò, il pilota italiano riesce, grazie alla sua perizia, a riportare a terra il suo M 39.

La gara, comunque, prende via il giorno 13 Novembre 1926, sono presenti alla partenza tre italiani, De Bernardi, Bacula, Ferrarin e tre Americani, Cuddihy, Schilt, Tomlinson. La competizione parte subito con gli Americani in vantaggio con il pilota Cuddihy. La superiorità americana dura poco, arriva infatti lo M 39 di Ferrarin che pur compiendo il giro più veloce, attorno ai piloni del circuito, deve purtroppo scendere in mare per un guasto al motore a causa della perdita dell'olio e si ritira. Ora, le speranze si ripongono su De Bernardi. L'asso italiano, infatti, non delude e vince la gara con il suo M 39, sfrecciando, davanti al folto pubblico elettrizzato, alla media di 396,689 Km/h (primato nelle distanze di 100 e 200 Km.). Il secondo, è l'americano Schilt su Curtiss R 3C 1, terzo Bacula su M 39 e quarto Tomlinson con il Curtiss "Hawk" (idrovolante da caccia della marina statunitense). Ancora De Bernardi, a Norfolk, il 17 dello stesso mese, migliora il record di velocità con 416,618 Km/h<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Ibidem.



## Il Macchi MC 72

Gli anni seguenti non vedranno analoghi risultati e soltanto l'estemporanea invenzione di unire due motori A.S. 5 prodotti dalla Fiat, ciascuno dei quali a dodici cilindri a V, con alberi motori coassiali, destinati a una coppia di eliche controrotanti determinerà uno straordinario successo nel 1933, per la massima velocità. I 3.100 CV del Macchi M.C. 72 pilotato da Francesco Agello il 23 ottobre del 1934 porteranno ancora oltre l'esito dell'anno prima facendo toccare la media di 709,209 km/h, record rimasto imbattuto per quella tipologia d'aerei. Così alcune note sul memorabile trionfo: "Il Macchi MC 72, da considerare un vero gioiello, conclude la serie fortunata degli idrovolanti, progettati dall'ing. Mario Castoldi, precedentemente menzionato. Progettato esclusivamente per partecipare all'edizione della Coppa Schneider del 1931... Conseguente sviluppo del precedente M 39 e M 52 R, l'ultima creazione di Castoldi è un idrovolante, monoposto, monoplano ad ala bassa, dalla struttura altamente aerodinamica, con ali dal profilo laminare biconvesso simmetrico, interamente costruito in duralluminio, esclusa la parte posteriore della fusoliera e gli scafi galleggianti realizzati in legno".

Molte risorse sono impegnate per la costruzione del motore Fiat AS 6, cuore del bolide rosso, elemento fondamentale per la conquista del record, in perfetta simbiosi con la cellula, tanto da diventare l'idrovolante più veloce del mon-

Nella pagina a fianco, in alto: foto scattata durante le prove della Coppa Schneider a Norfolk nel 1926.

Nella pagina a fianco, in basso: l'M39 dei primati di De Bernardi, oggi in esposto al Museo storico dell'Aeronautica Militare di Vigna di Valle.

Sotto: a sinistra, l'M39 durante la gara; a destra il Curtiss "Hawk".





do. L'AS 6 è progettato dall'ing. Tranquillo Zerbi. Direttore del Reparto Progetti Speciali, nella ditta Fiat fin dall'Agosto 1919, Zerbi è responsabile della progettazione dei motori inerenti la serie Fiat AS. Raggiunge la massima genialità con il motore AS 6, un 24 cilindri disposti a V, per 50.000 centimetri cubi e una potenza di 3.200 HP, un vero capolavoro dell'ingegneria meccanica dell'epoca. Può essere considerato come l'accoppiamento in tandem di due motori AS 5 con trasmissione coassiale del moto a due eliche bipale.

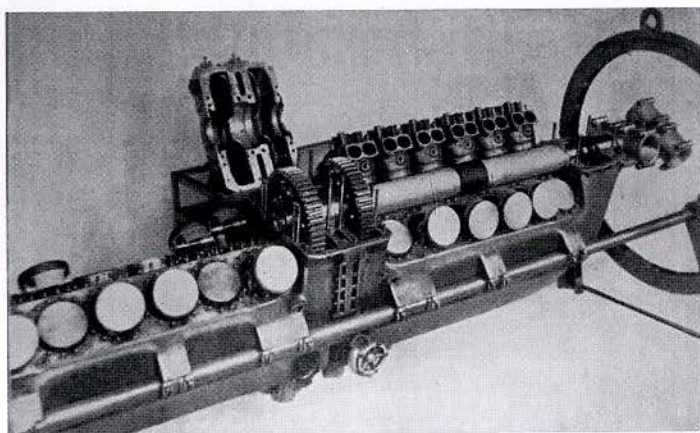
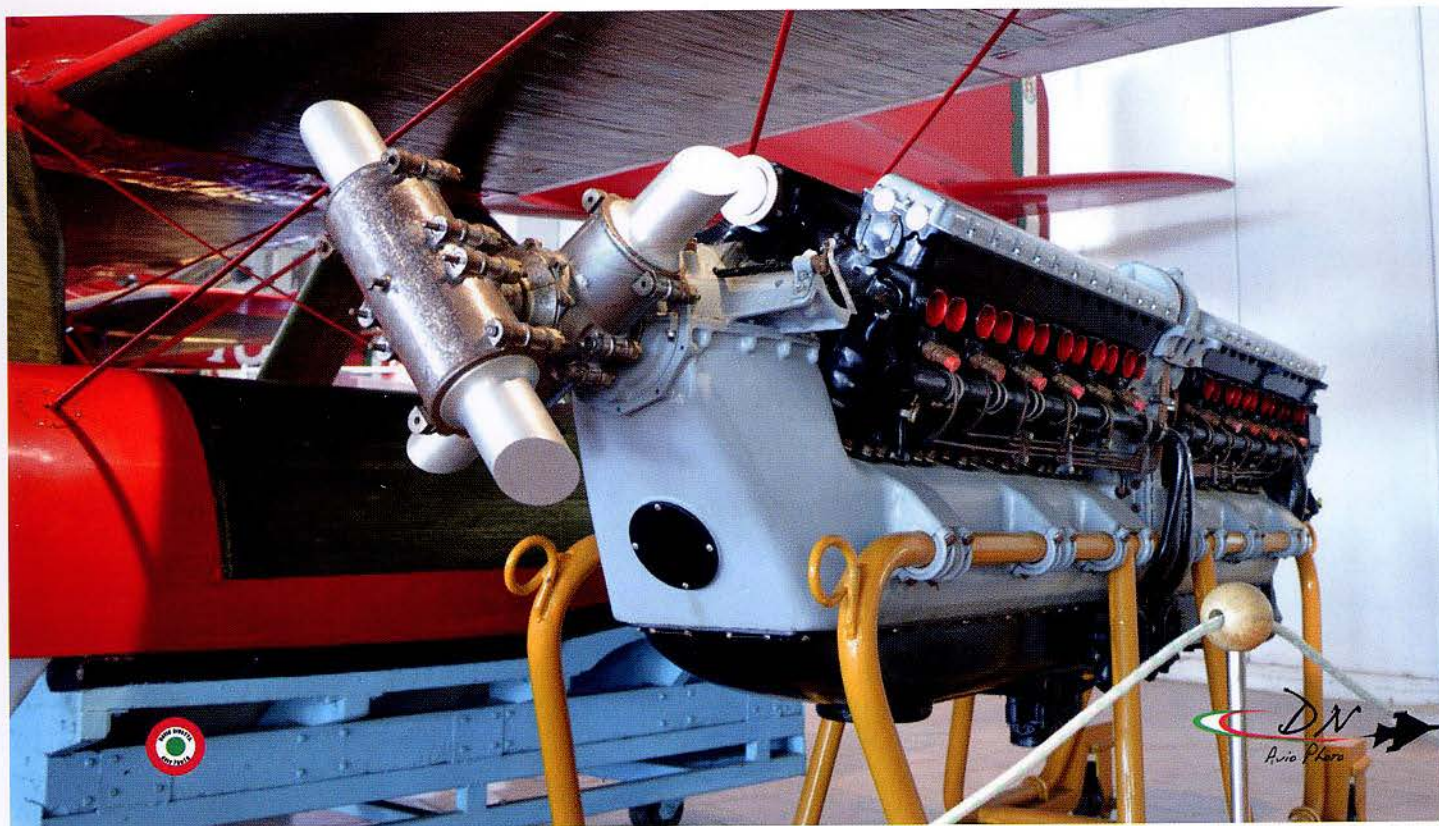
Tuttavia la fase di progettazione e di collaudo dell'AS 6, presenta non pochi problemi che inizialmente causano alcuni insuccessi del MC 72, dovuti dalla difettosa carburazione con il verificarsi di frequenti ritorni di fiamma. Fra l'altro, nelle prove di volo, perdono la vita i già menzionati piloti, Giovanni Monti, il quale s'inabissa nel lago nella fase preparatoria della Coppa Schneider del 1931 e Stanislaw Bellini, che, pur consapevole della non piena efficienza del motore e nonostante il ritiro della squadra italiana, decide ancora un tentativo di prova, esplodendo tragicamente in volo. Pertanto, la messa a punto del motore comporta una tempestiva risoluzione delle mancanze circa il sistema

d'alimentazione, quello meccanico dei cuscinetti per il funzionamento dei due assi del motore, esterno ed interno, il rapporto di compressione ed infine la distribuzione del carburante nelle vaschette dei cilindri. Quest'ultima fase, costituisce il difetto principale, che procura inesorabilmente il pericoloso ritorno di fiamma. Lo scopritore dell'inconveniente che per molto tempo ha messo in dubbio il funzionamento del motore AS 6, è un capo-tecnico della Fiat, Armando Palanca.

La sua idea brillante è quella di studiare il motore sul banco di prova anziché in volo, rendendo visibile il percorso della miscela fino al carburatore, con la sostituzione d'alcune parti con tubi e pareti trasparenti. Palanca, individua così, il basso livello del carburante nelle vaschette di raccolta, responsabile di una caduta di pressione e del ritorno di fiamma. Le modifiche sono apportate immediatamente e finalmente l'AS 6 diventa uno dei motori storici della Fiat, destinato alla conquista del primato di Francesco Agello, il giorno 23 Ottobre 1934. Interessante è la composizione del propellente adoperato il giorno del record, uno degli altri fattori coadiuvanti la vittoria: 55% di benzina, 22% di







benzolo, 23% d'alcool etilico e 1,5 per mille di tetraetile di piombo, ultima novità dell'epoca, ottenendo circa 94 ottani.

### Caratteristiche

Apertura alare	m. 9,50
Superficie portante	mq. 15,40
Lunghezza	m. 8,50
Altezza	m. 3,30
Peso a vuoto	Kg. 2.500 - Complessivo 3.125 <sup>23</sup>

<sup>23</sup> Ibidem.

Ma quel successo nasconde per l'industria italiana una tragica realtà dal momento che molte parti di quei motori devono essere fabbricate all'estero, mancando da noi la necessaria tecnologia e glorie del genere non ve ne saranno più!

Se il motore in linea o a V, segna brillanti esiti quello a stella non cessa di essere il più usato soprattutto dopo la soluzione del suo più grave inconveniente, determinato dalla infima aerodinamica. Apposite carenature e studi accurati, lo resero più penetrante e compatibile con le velocità dell'epoca, restituendogli un nuovo interesse. Sempre a questi anni, intorno alla metà degli anni '30, va ascritta la diffusione dell'elica a passo variabile, che consente di modificare la velocità dell'aereo, senza mutare il numero dei giri del motore. Da un certo momento in poi, anzi, il motore e l'elica formeranno un unico congegno nel quale, mentre il primo gira senza mai mutare velocità, la seconda la muta continuamente adattandosi alle esigenze del pilota. Ed ancora di questo periodo sono alcuni piccoli motori destinati all'aviazione civile e soprattutto privata, come ad esempio il *Continental A 40*,

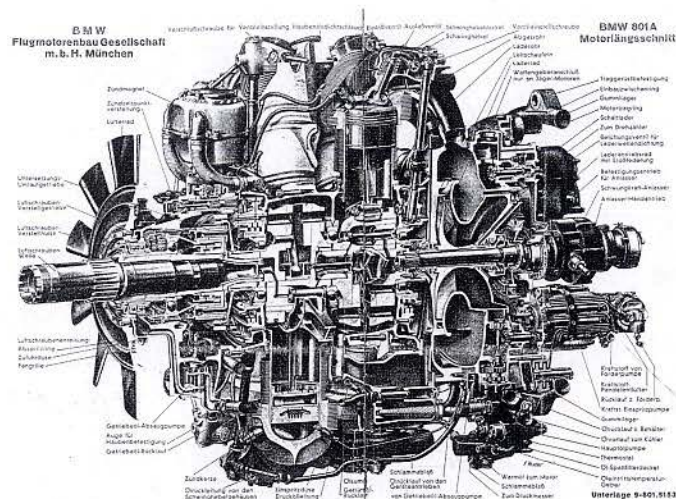
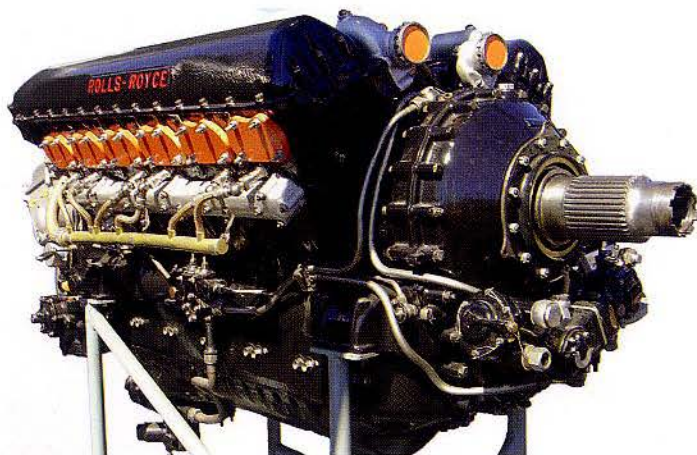
Nella pagina a fianco: un *Macchi MC72* in esposizione negli anni '30. In questa pagina: il motore *FIAT AS 6*, visione d'insieme e senza testata.





un quattro cilindri contrapposti capace di erogare una quarantina di CV.

Proprio intorno alla metà degli anni '30 si avvia la costruzione e la messa a punto di nuovi motori in linea di poderosa concezione. Tra questi spicca il famoso *Merlin* un dodici cilindri a V prodotto dalla Rolls Royce, che pochi anni dopo equipaggiando i mitici caccia *Spitfire* salverà la Gran Bretagna dall'attacco nazista. Quanto alla Germania produce a sua volta un doppiastella a quattordici cilindri ad iniezione, il BMW 801, che a sua volta equipaggerà il caccia *Focke Wulf 190*, tra i migliori del conflitto, almeno nei primi anni. Per gli Stati Uniti la recente fabbrica *Pratt & Whitney* come la *Wright* realizzeranno dei doppiastella da 18 cilindri, con potenze dell'ordine dei 2.500 CV dalle leggendarie doti di affidabilità. Per la cronaca la prima fabbrica costruirà pure un quattro stelle con una erogazione di 3.500 CV ed una cilindrata di 71.500 cc, ma è l'estrema filiazione di un'idea che ormai volgeva all'abbandono.



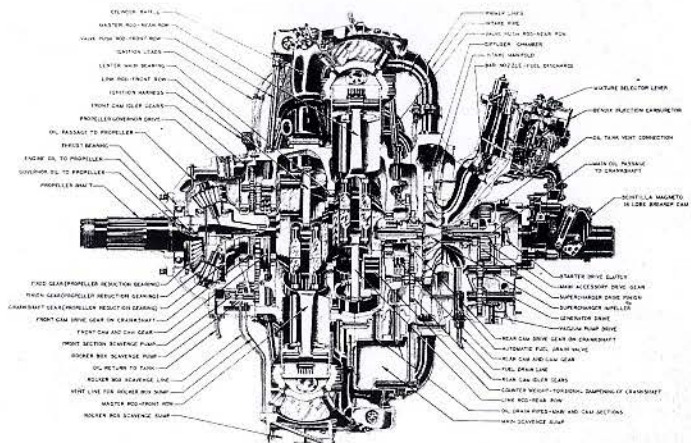
In alto a sinistra: il motore Continental A 40.

In basso a sinistra: il motore Rolls Royce Merlin che equipaggiava gli *Spitfire*.

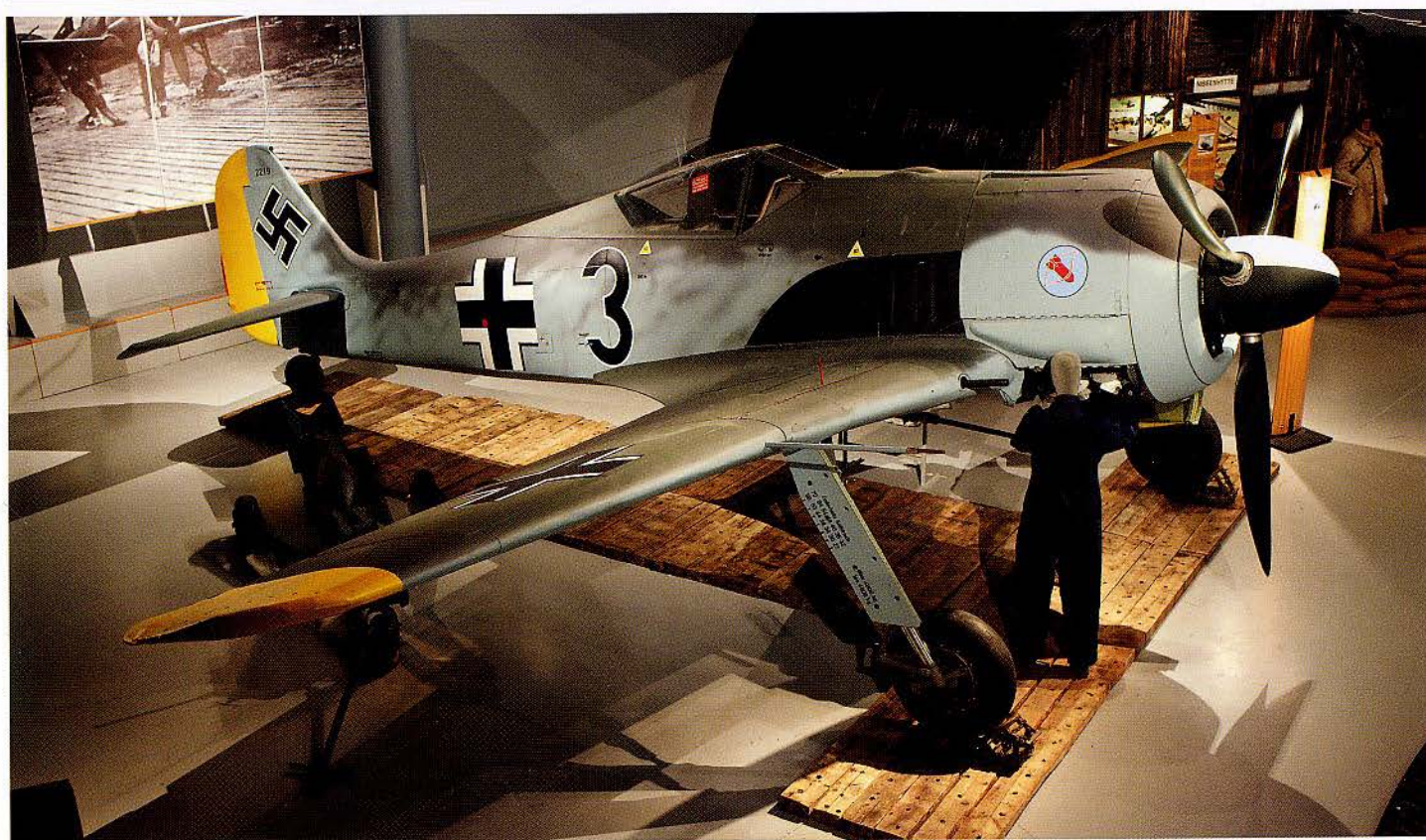
Sopra: disegno in sezione del motore BMW 801.

Sotto: il motore Pratt & Whitney a doppiastella da 18 cilindri ed una sezione tecnica dello stesso.

Nella pagina a fianco: sopra, uno *Spitfire*; sotto: un *Focke Wulf 190*.







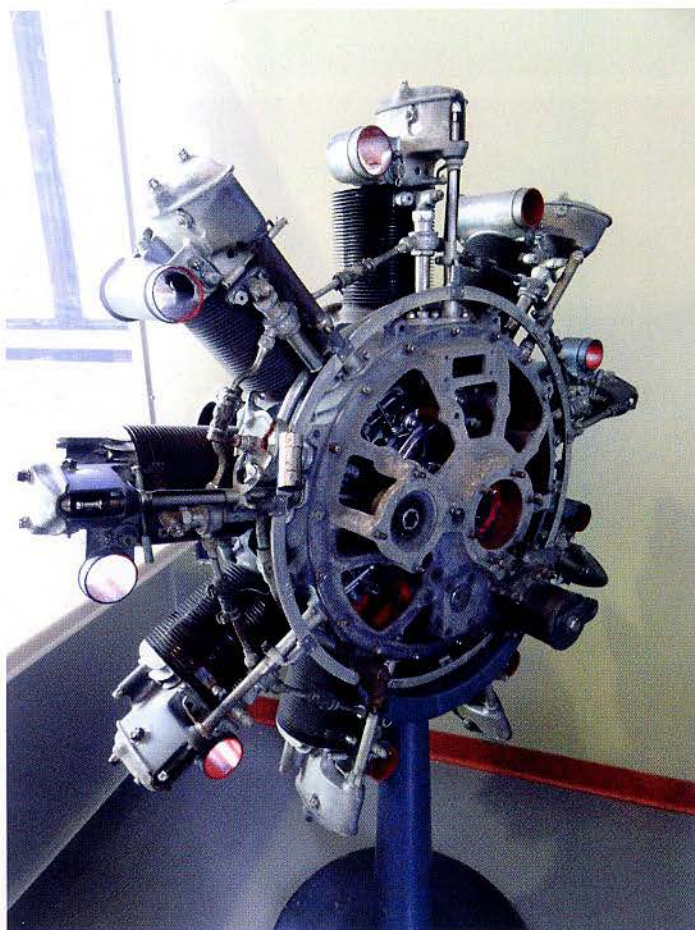


## Il diesel per aviazione

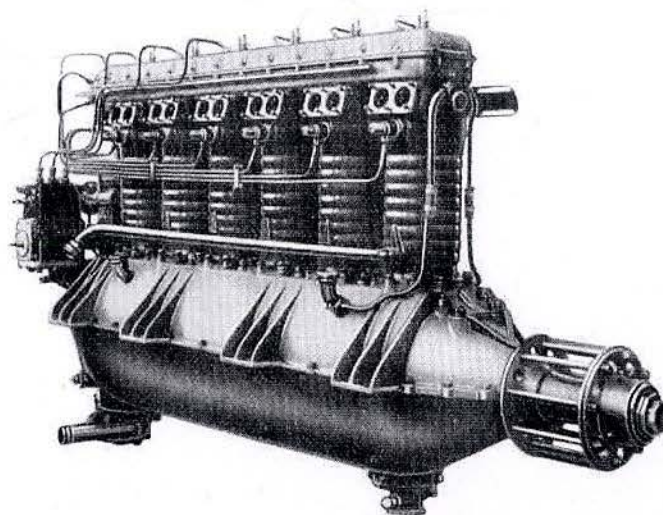
Se il motore a vapore vantava una minor infiammabilità del tradizionale motore a scoppio alimentato con benzina avio, anche per ridurre quel grave problema si studiò l'adozione del gasolio ed, ovviamente, l'adozione del motore diesel in aviazione, che garantiva pure una sensibile riduzione del consumo di carburante. Un esempio al riguardo si coglie nel nove cilindri stellare costruito dalla Packard. Non godette però dell'apprezzamento dei piloti essendo scosso da frequenti e rilevanti vibrazioni, che, nei casi peggiori, danneggiavano seriamente la cellula persino degli aerei più solidi.

Ciononostante un motore del genere installato su di un monoplano *Bellanca*, fabbrica che prendeva nome dal suo fondatore italiano, l'ingegner Giuseppe Mario Bellanca,<sup>24</sup> nel 1931 conquistò il primato di volo senza rifornimento, restando in aria per quasi 85 ore, primato peraltro ancora

<sup>24</sup> Per approfondimenti sull'ing. Bellanca cfr. A. SOLDANO, *Giuseppe Mario Bellanca e i pionieri sulle macchine volanti*, Roma 2013.



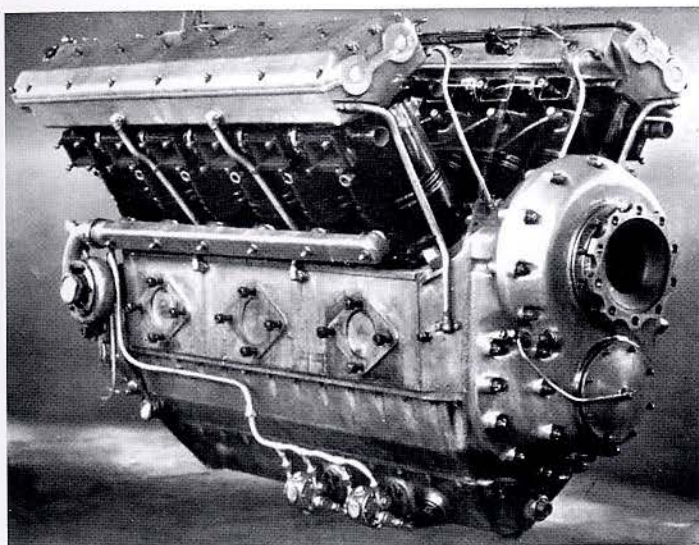
imbattuto. Anche in Italia si progettaron vari motori diesel per aviazione: in particolare lo fece la FIAT realizzando l'A.N.1 un sei cilindri in linea capace di erogare a 1700 giri al minuto circa 220 CV. Impiegato per alcuni voli di lunga distanza non dette tuttavia significativi riscontri positivi per cui finì abbandonato.



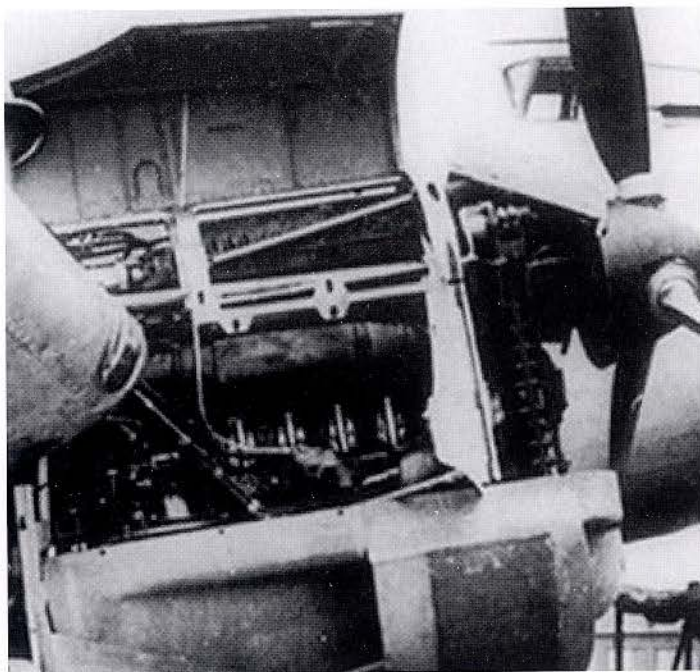
Scomparso dagli aerei, sempre grazie alla sua bassa infiammabilità il motore diesel ricomparve sui dirigibili, fornendo in alcuni casi prestazioni notevoli come ad esempio il LOF 6 della Daimler Benz, un sedici cilindri a V a quattro tempi con una erogazione di 1.200 CV per 2 tonnellate di peso. Scarso il consumo di carburante, pari a circa 2 quintali per ora di moto alla massima potenza e di un quarto in meno a quella di crociera: non a caso fu scelto per spingere l'*Hindenburg*.

Di motori diesel ne costruì pure la Junkers a partire dal 1929, fino al 1944, ma nonostante fossero delle ottime macchine non ebbero mai un vero successo. In alcuni ricognitori per le riprese d'alta quota, quali lo Ju 86 P, contribuì non solo alla notevole autonomia di volo, ma





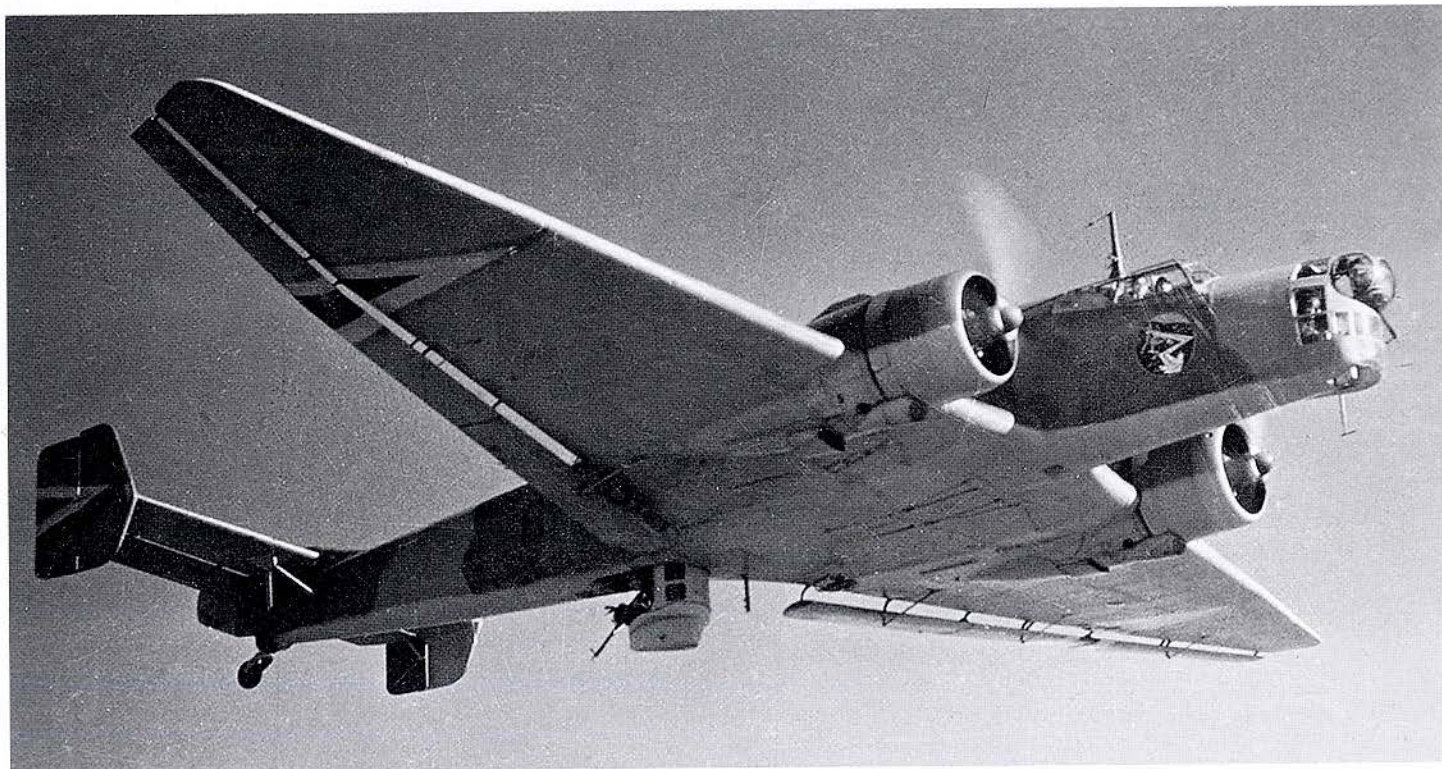
anche alla sua leggendaria invulnerabilità. Il miraggio del diesel in aviazione del resto non si concluse con l'ultimo conflitto tant'è che negli anni '50 comparvero nuovi prototipi, per lo più turbodiesel. La crisi petrolifera ed i bassi consumi unitari del diesel, dopo le sue modifiche e migliorie ricevute nel settore automobilistico, lo hanno reso interessante e ricco di prospettive anche nel settore aereo, accentuate dall'avvento di leghe leggere e composti non metallici, ottimi per la sua costruzione e di gran lunga meno pesanti.



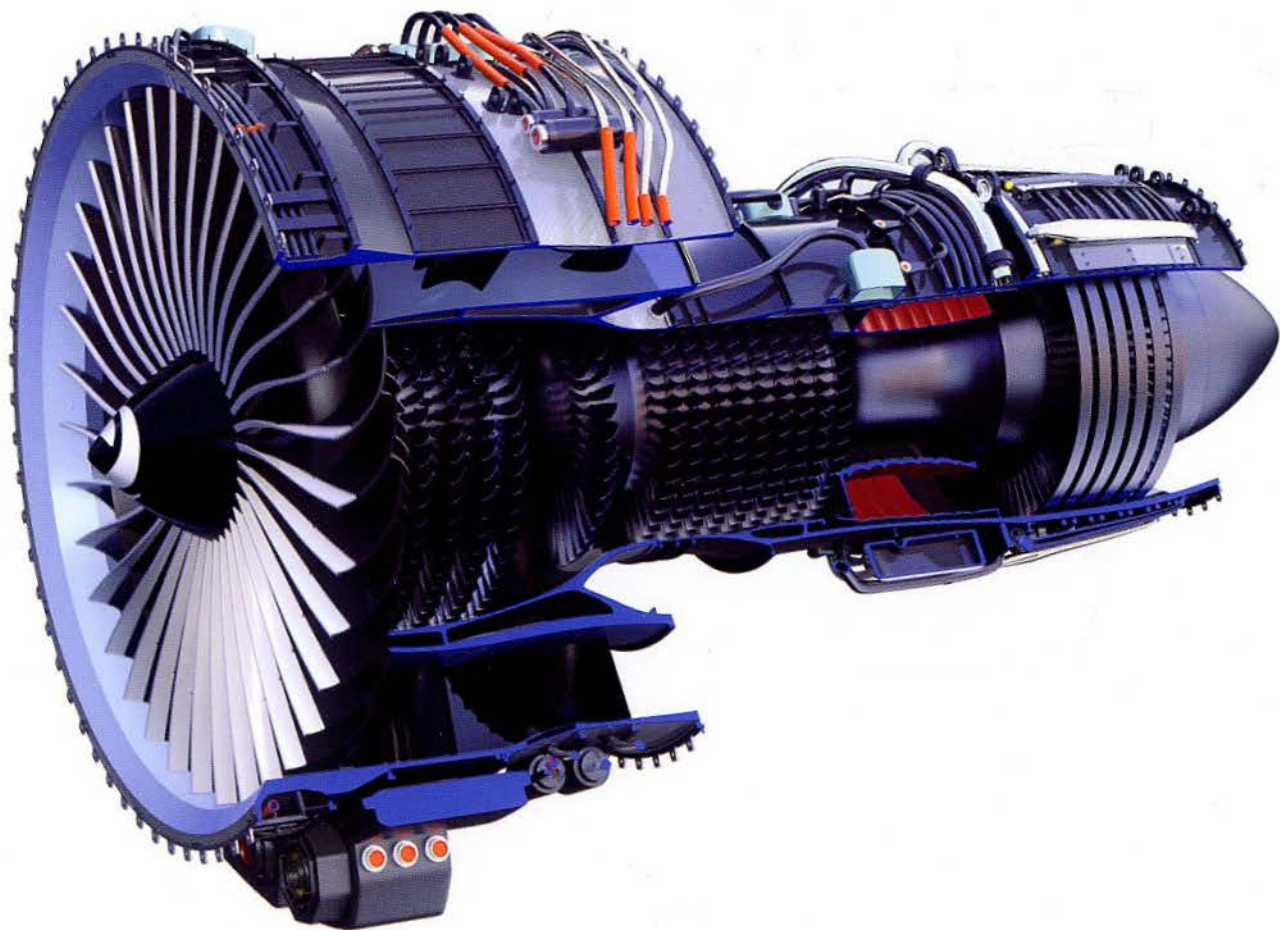
*Nella pagina a fianco: in basso a sinistra, il motore radiale diesel prodotto dalla Packard; in alto a destra, il Bellanca equipaggiato con motore diesel; al centro, il motore diesel in linea della A.N.1 della FIAT.*

*In alto a sinistra: il motore diesel LOF6 della Daimler-Benz.*

*In alto a destra e in basso: il ricognitore d'alta quota equipaggiato con motore diesel, Junkers JU86P.*









## CAPITOLO QUINTO

### *La propulsione a getto*

Con una sufficienza squisitamente romana, Livio, rievocando uno scandaloso rito avvenuto a Roma nel 186 a.C., ci tramanda un fenomeno lontano dalle conoscenze scientifiche dell'epoca. La sua assenza di stupore, però, sembra accreditarne una sensibile retrodatazione. La cornice in cui s'inquadra fu un grave reato contro la morale, nella fattispecie quella rigidissima dei coevi rapporti coniugali, compromessi proprio dai misteri bacchici. Si sa che già nel 331 a.C. vennero condannate a morte ben 160 donne per un analogo reato, ma si trattò di uno sparuto drappello rispetto alle oltre 2000, inquisite nel maxiprocesso del 186 a.C. per il medesimo crimine e condannate dallo stesso Senato, sia pure a pene di gran lunga più lievi. A farsene promotore fu Marco Porzio Catone, che fece promulgare il *Senatus consultum de Bacchanalibus*, che sancì la soppressione del culto, la distruzione dei relativi templi, la confisca dei beni, l'arresto dei capi e la persecuzione degli adepti. Così Livio:

*Al principio il luogo di culto era stato frequentato solo da donne, né alcun maschio vi era ammesso; c'erano tre giorni all'anno prestabiliti, in cui si celebravano i riti di iniziazione, nelle ore diurne; sacerdotesse, a turno, erano elette di norma le donne maritate. La sacerdotessa Paculla Annia, campana, aveva modificato il culto dicendosi ispirata dal dio: per prima infatti aveva iniziato il sesso maschile, nella persona dei suoi figli, Minio e Erennio Cerrinio, aveva mutato il rito da diurno a notturno e aveva portato le cerimonie di iniziazione da tre giorni all'anno a cinque giorni al mese. Da quando la cerimonia si svolgeva in promiscuità fra maschi e femmine, con in più la licenza ch'è favorita dalla notte, non c'era misfatto o colpa che venissero*

*omessi; e le violenze riguardavano più gli uomini fra loro che le donne. Chi non era disposto a sopportare il disonore, chi si mostrava restio al misfatto, veniva immolato come vittima. Non considerare nulla illecito, questa era la suprema religione che li univa. Gli uomini, come fuori di senno, scuotendo il corpo a modo di invasati deliravano; le donne, in veste di baccanti, correvano giù al Tevere e, immerse le fiaccole nell'acqua, poiché in esse c'era vivo zolfo con calce, le estraevano con la fiamma intatta. Alcuni uomini – dicevano – venivano rapiti dagli dèi; ed erano quelli che essi facevano sparire calandoli con una macchina nel fondo di occulte spelonche: ciò capitava a chi si rifiutava di affiliarsi o di esser complice dei delitti o di farsi violentare. In tutto ciò era coinvolta una massa enorme di persone, ormai quasi un secondo popolo, nel quale figuravano uomini e donne della nobiltà. Negli ultimi due anni si era stabilito di non ammettere nessun nuovo iniziato di età superiore ai venti anni: così si cercava di attrarre la fascia di età più predisposta sia a commettere errori sia a subire ignominie<sup>1</sup>.*

Senza voler entrare ulteriormente nella vicenda, che in quanto tale esula dal nostro interesse, in quella lontana estate romana una folla di madri, figlie e serve, tutte in profondo stato di ebbrezza, sciamò nel cuore della notte dall'Aventino alla riva del Tevere. Le parole di Livio sono al riguardo inequivocabili: "immerse nell'acqua le torce ardenti, che contenevano zolfo vivo e calce, le ritraevano ancora accese". Cosa debba intendersi per zolfo vivo lo chiari-

<sup>1</sup> Da Tito LIVIO, *Ab urbe condita*, lib. XXXIX, 13

Nella pagina a fianco: sezione tridimensionale di un motore a getto per utilizzo in ambito aeronautico.





sce Plinio il Vecchio, precisando che così si definiva quello mai fuso, ancora allo stato naturale. Quanto alla calce è fuor di dubbio che vada anch'essa considerata *viva*, ovvero ossido di calcio anidro, dalla ben nota reazione fortemente esotermica di idratazione. Delucidazioni, però, che in relazione al fenomeno descritto lasciano il tempo che trovano: per continuare la combustione anche sott'acqua occorre fornire al combustibile, quale che fosse, un efficace comburente, ovvero ossigeno. Ma l'idratazione dell'ossido di calcio, oltre al calore, di ossigeno non ne fornisce affatto! Ovvio concludere che al buon Livio la questione non importava gran che, bastando far capire che il perdurare della fiamma sott'acqua non costituiva una manifestazione del soprannaturale, nella fattispecie di Bacco, ma un risaputo fenomeno. Per noi, invece, quel che resta associato è la disponibilità, sul finire del terzo secolo a.C., di composti chimici solidi, in grado di bruciare anche sott'acqua, ovvero senza aria. Se poi quella peculiarità fosse stata associata ad un rallentamento dell'emissione dei fumi o, più precisamente, dei gas di combustione, avrebbe fornito una certa spinta, comportandosi perciò da endoreattore!

Delle torce inestinguibili, comunque, da allora non se ne parlò più: ovviamente non scomparvero, al pari delle invase matrone, ma tornarono nel quiescente anonimato. Unica traccia della loro sopravvivenza è la cosiddetta *candela romana*, gioco pirotecnico di vastissimo impiego: e, non a caso, proprio ad antesignani giochi pirotecnici effettuati a chiusura degli spettacoli circensi si trovano le prime menzioni di precursori dei razzi.

## MOTORI A GETTO

### *I razzi*

Proprio ad antesignani razzi pirotecnici, infatti, sembra riferirsi il poeta Claudio Claudiano, vissuto tra il 370 d.C. e il 405 d.C., che così recita nella traduzione di N. Berengani:

*"Mobil macchina scenda equilibrata  
Di giusto pondo e l'alta scena arroti  
Di cori in guisa le sporgenti fiamme*



Formi Vulcan diversi giri e scorra  
 Per quei legni impunito, e scherzi intorno  
 L'accesa vampa a le dipinte travi,  
 E gli incendi volanti, ai quali natura  
 Non permette dimore, fedelmente  
 Senza danno apportar, vadano errando  
 Per le torri innocenti...<sup>2</sup>

Facile riconoscere in quegli *incendi* [o *fuochi*] *volanti* dei razzi pirotecnici lanciati da apposite strutture degli anfiteatri, genericamente definite torri. Del resto, quasi un millennio dopo, si definivano *cartocci da volare* dei rudimentali razzi a polvere pirica, utilizzati soltanto a scopo ludico.

Per avere, però, la certezza di una mistura in grado di bruciare sott'acqua bisogna attendere il VII secolo ed il *fuoco greco*. In molte descrizioni contemporanee si fa sistematicamente riferimento alla sua notevole violenza della proiezione dal tubo del sifone di lancio e, soprattutto, all'assordante boato che l'accompagnava. Ignota la sua composizione di dettaglio, segreto militare per antonomasia, sebbene, la discordanza delle testimonianze lasci propendere piuttosto che per una singola tipologia, per una gamma di prodotti pirofori, liquidi e solidi, singolarmente approntati per un preciso impiego. In alcuni si sono ravvisati gli effetti tipici dell'esplosione della polvere pirica all'interno di un tubo: in tal caso si sarebbe avuto, oltre a una ricomparsa della combustione sott'acqua, anche il manifestarsi della spinta dinamica. Così Gibbon in merito:

*“Dalle parole oscure, e forse fallaci che si lasciano sfuggire dalla penna, si potrebbe essere indotti a credere che la nafta, ossia il bitume liquido, olio leggero, tenace e infiammabile che sgorga dalla terra e che s'infiamma al tocco dell'aria, fosse il primario ingrediente del fuoco greco. La nafta, non so in che modo e in che proporzione, si mescolava col zolfo e colla pece che si cava dai pini... [Anna Comnena ha squarciato in parte questo velo da una] esplosione fragorosa, usciva una fiamma ardente e durevole, che non solo si alzava in linea perpendicolare, ma che colla stessa forza abbruciava di fianco*

<sup>2</sup> La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie*, Milano 1919, p. 34.

Nella pagina a fianco: una moderna versione della cosiddetta “candela romana”.

A fianco, dall'alto: dettagli da illustrazioni tratte da manoscritti medievali raffiguranti l'utilizzo del fuoco greco, e reperti archeologici di granate incendiarie.





e abbasso, ed invece di estinguerla l'acqua l'alimentava e le cresceva attività: non v'erano che la sabbia, l'orina, e l'aceto che potessero mitigare la furia di quel formidabile agente, dai Greci giustamente chiamato fuoco liquido, o fuoco marittimo. Si adoperava con pari successo contro il nemico, in mare e in terra, nelle battaglie e negli assedii. Si versava dall'alto delle mura mercé d'una grande caldaia. Si gettava in palle di pietra o di ferro arroventate, o pure si lanciava sopra strali e chiaverine coperte di lino e di stoppe, molto imbevute di olio infiammabile; altre volte si deponeva in brulotti destinati a portare in maggior numero di luoghi la fiamma divorante; per lo più lo faceano passare attraverso lunghi tubi di rame collocati nella parte anteriore d'una galea, la cui estremità, figurando la bocca di qualche mostro selvaggio, pareva che vomitasse torrenti di fuoco liquido. Quest'arte di gran momento era accuratamente custodita in Costantinopoli come il Palladio dello Stato. Quando l'imperatore prestava le galere e l'artiglieria ai suoi alleati di Roma, non si pensava certamente a svelare ad essi il segreto del fuoco greco, e l'ignoranza e lo stupore aumentavano e trattenevano il terror dei nemici. Uno degli imperatori nel suo Trattato sulla amministrazione dell'impero, accenna le risposte e le scuse colle quali si può eludere l'imprudente curiosità, e le importune istanze dei Barbari...

Dalla pece e da altri consimili alberi, sempre verdi, si raccoglie una stilla non ardente. Questa pestata col zolfo si lancia nei tubi delle canne, e si soffia colla bocca ed esce col fiato. Altrove ella fa menzione della proprietà d'ardere... nel piano e dalle bande. Leone, al capo decimonono della sua Tattica parla della nuova invenzione del... fuoco con fragore e con fumo. Queste sono testimonianze originali e di persone d'alto affare. Costantino VII Porfirogenito... raccomanda che si dica che un angelo rivelò il mistero del fuoco greco al primo e al massimo dei Costantini, ordinandogli espressamente di non mai comunicare alle nazioni estere questo dono del cielo, e questa grazia speciale concessa ai Romani; che sono obbligati del pari il principe e i sudditi a serbare in proposito un religioso silenzio, mancando al quale sarebbero esposti alle pene temporali e spirituali destinate al tradimento e al sacrilegio; che così fatta empietà tirerebbe subito addosso al reo la prodigiosa vendetta del Dio de' cristiani. Queste precauzioni fecero sì che i Romani dell'oriente fossero padroni del lor segreto per quattro secoli, e alla fine dell'undecimo i Pisani, avvezzi a tutti i mari e pratici di tutte le arti, si videro fulminati dal

fuoco greco senza poterne indovinare la composizione. Finalmente fu scoperta o indovinata dai Musulmani, i quali poi, nelle guerre della Siria e dell'Egitto, rivolsero contro i cristiani quel flagello che contro di loro avean quelli inventato. Un cavaliere, che non curava le spade nè le lance de' Saracini, racconta candidamente lo spavento ch'egli ebbe, del pari che i suoi compagni, alla vista e allo strepito della funesta macchina che vomitava torrenti di fuoco greco, così tuttavia nominato dagli scrittori francesi. Giugneva esso fendendo l'aria, dice Joinville, sotto la forma d'un drago alato con lunga coda, e grosso quanto una botte; faceva il rimbombo del fulmine, era celere come il lampo, e colla sua orribile luce dissipava le tenebre della notte. L'uso del fuoco greco, o come potrebbe oggi appellarsi del fuoco saracino, continuò sin verso la metà del secolo quattordicesimo..."<sup>3</sup>

### La polvere pirica come propellente

Di certo quale che ne fosse la ricetta tra i presunti ingredienti compaiono sempre lo zolfo, la calce viva, la polvere di carbone ed il salnitro, prestandosi perciò a costipare un segmento di canna e facendolo volare una volta acceso, con un inconfondibile stridio.

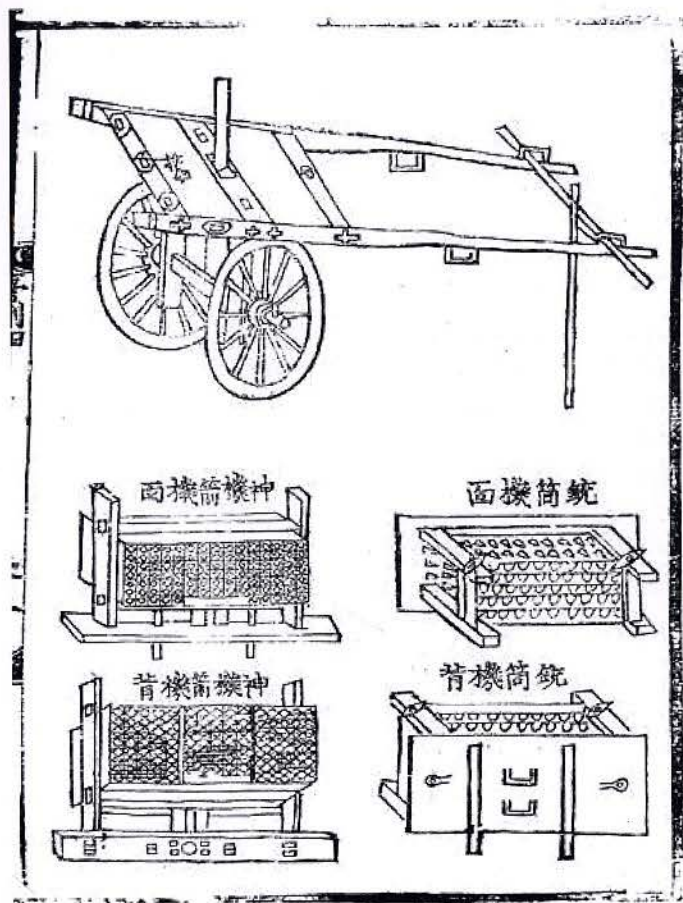
Ancora una volta i Cinesi sembrano essere stati i primi a costruire tali ordigni e a servirsene sistematicamente nei combattimenti, stabilizzandone il volo con una sottile e lunga cannuccia posteriore. Di certo, agli inizi del XIII secolo, alcuni alchimisti iniziarono a discettare di polveri non solo capaci di bruciare con grande fumo, ma anche con grande strepito, se racchiuse in un cartoccio. Il più noto fra loro fu senza dubbio il celebre frate Ruggero Bacon (1214-1292), che scrisse:

...esservi miracoli che pur sono effetti naturali, perciocché si possono generare tuoni e lampi in aria molto più orribili di quelli operati dalla natura, giacché una piccola quantità acconciamente preparata e del volume di un pollice rumoreggia e lampeggia in modo straordinario<sup>4</sup>. Più esplicitamente ancora, affermava che:

<sup>3</sup> La citazione è tratta da E. GIBBON, *Storia della decadenza e caduto dell'impero romano*, trad. G. Frizzi, ed. Torino 1967, vol. III, cap. 52, p. 2152-54.

<sup>4</sup> La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*, cit., p. 41 e fu scritta da Ruggero Bacon nella sua epistola "De Secretis Operibus Arti set Naturae Magie" verosimilmente antecedente al 1249.





*Perturbano l'udito in modo, che se operassero di notte e all'improvviso e con certo artificio, né città né esercito potrebbero comportarle, niun tuono gli si potrebbe paragonare... se ne aveva un esperimento in quel giuoco puerile che si faceva in molte parti del mondo, formando cioè con pergamena uno strumento della misura di un pollice, il quale, sebbene sia per se medesi-*

*mo una piccola cosa, nulladimeno, rompendosi per la violenza di ciò che si dice sal della pietra, genera un rumore cotanto orribile da soprassare il ruggito di un forte tuono, ed una luce tanto splendida da superare un grandissimo lampo...*<sup>5</sup>

Non era, pertanto, già più un segreto, dal momento che con quella polvere nerastra se ne facevano mortaretti e tracchi, riempiendone cartocci di pergamena e ripiegandoli più volte. La vera novità della miscela, o forse solo la sua esplicita menzione dopo una diretta constatazione, era nelle conseguenze della presenza del salnitro, per noi nitrato di potassio e nitro per i romani, il suddetto *sale della pietra* che si raccoglieva raschiandolo dai muri umidi. Trattandosi di un agente fortemente ossidante, oltre a garantire al miscuglio una perfetta combustione in qualsiasi contesto ambientale, gli consentiva pure di bruciare sott'acqua. È verosimile reputare che fosse proprio il salnitro il composto delle torce delle matrone che Livio ignorò!

<sup>5</sup> La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*, cit., p. 41 e fu scritta da Ruggero Bacone nel suo *Opus Majus*.

A fianco: raffigurazioni tratte da manoscritti cinesi di epoca medievale, relative a primordiali razzi, batterie per il loro lancio e fantasiosi sistemi per il volo umano.







*Pestare le tre sostanze in un mortaio in modo da ridurle in polvere finissima. Dopo si mette la quantità desiderata di polvere in un involucri per fare un fuoco volante o tonante. Notare che l'involucro per il fuoco volante deve essere sottile e lungo e riempito con la polvere ben compressa. Invece l'involucro per il fuoco tonante deve essere corto e spesso, ripieno per metà con la polvere e ben legato alle due estremità con robusto filo di ferro. Notare che in entrambi gli involucri deve essere fatto un piccolo foro per poter accendervi la miccia; la quale sia sottile alle estremità e nel corpo più grossa e ripiena della stessa polvere.*

*Nota ancora che l'involucro del fuoco volante può avere*

*molte pieghe; quello tonante ancora di più. Nota che si possono fare fuochi tonanti o volanti a due colpi inserendo due involucri l'uno dentro l'altro<sup>6</sup>.*

Ed ancora sempre sull'argomento precisa ulteriormente aumentando la quantità di salnitro significativamente nel miscuglio:

*Prendi libbre 1 di zolfo vivo, 2 di carbone di tiglio (ossia di ciliegio), libbre 6 di sale petroso [salnitro], trita tutto minutamente in pietra di marmo, quindi riponi polvere a beneplacito nella canna da volare o da far tuono. Nota che la canna da volare deve essere sottile e lunga e piena della detta polvere bene bene calcata... Nota che la canna da volare può avere più o meno rivolgenti intorno ad arbitrio...<sup>7</sup>.*

<sup>6</sup> Da MARCHUS GRAECUS, *Liber ignium*, Testo latino e traduzione in lingua italiana a cura di Edoardo Miri.

<sup>7</sup> La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*, cit., p. 37 ed è tratta dal *Liber Ignium* di Marco Greco.

In alto: stampa del XVI sec. raffigurante Ruggiero Bacone alle prese con un esperimento chimico.

Con Bacone, quindi, debuttò la polvere pirica, ma non per questo sembra recepita la sua energia propulsiva. Per averne i primi riscontri si deve scorrere il famoso *Liber ignium* di Marco Greco, personaggio di cui nulla si sa ad eccezione del nome e vissuto fra l'ottavo ed il quattordicesimo secolo. Improbabile perciò assodare se quanto asserisce sia una rielaborazione di Bacone o, non piuttosto, il contrario. Di certo si dilunga a descrivere rudimentali razzi, che definisce anche lui *fuoco volatile*, dei quali espone diversi metodi di costruzione. Al riguardo così scriveva:

*Nota che la composizione del fuoco volante può essere fatta in due maniere. Per la prima prendi una parte di colofonia e altrettanto di zolfo vivo, due parti di salnitro; sciogli il tutto in olio di lino o, ancor meglio, in olio di lamio. Poi si metta in una canna o in tubo di legno e si accenda. Essa vola in qualunque posto tu vorrai e brucia tutto.*

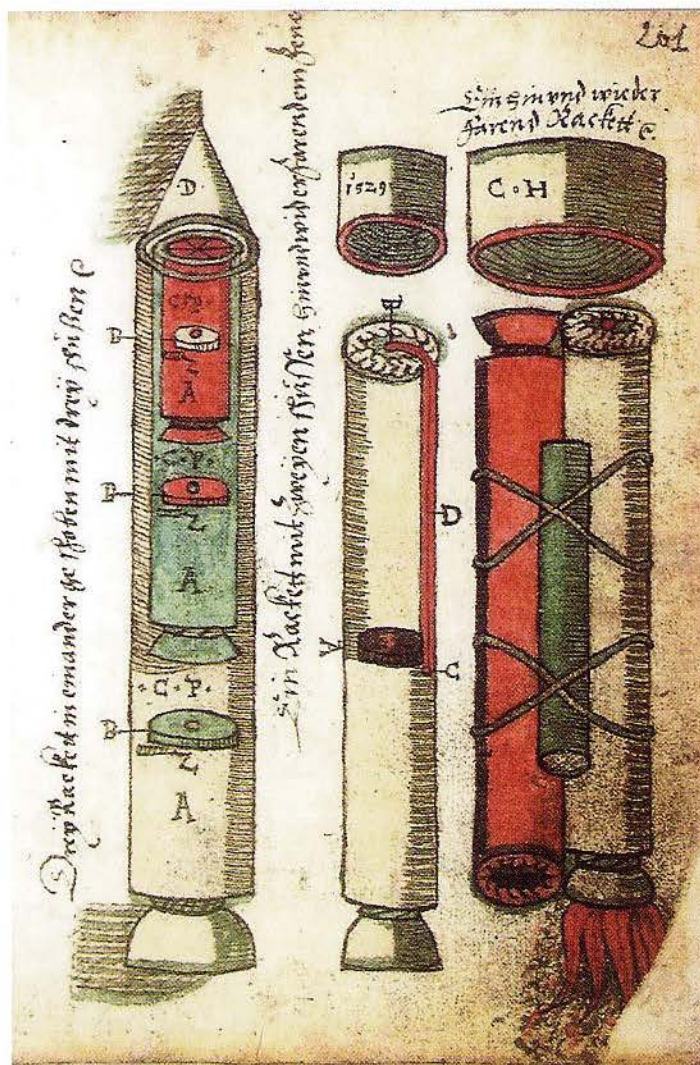
*Il secondo modo per fare il fuoco volante è il seguente. Prendi una libbra di zolfo naturale, due libbre di carbone di legno di vite o di salice, quattro libbre di salnitro.*



A partire dalla metà del XIII secolo, dunque, quei razzi non costituivano più un fenomeno per nessuno, essendo già da alcuni decenni, impiegati negli investimenti ossidionali, come ad esempio nelle guerre in Toscana a partire dal 1230. Ulteriori notizie sui razzi, se non più attendibili senza dubbio più dettagliate, sono relative al 1379, allorché i Padovani ne lanciarono in gran numero contro la città di Mestre. Da quel momento l'impiego di razzi bellici non soffrì più soluzioni di continuità, con un costante perfezionamento degli ordigni. Ovviamente il loro diffondersi ne aveva reso evidente a chiunque la violenta spinta propulsiva, lasciandone prefigurare l'impiego come motori persino nei veicoli terrestri. Nei taccuini di vari ingegneri del rinascimento, ed anche in alcuni disegni di Leonardo, compaiono infatti razzi applicati ai cerchioni delle ruote di carri, o direttamente agli stessi. Si giunse pure a costruire improbabili navicelle aeree, sollevate da batterie di razzi, e qualcuno nel provarle ci rimise la pelle!

### *Il razzo a più stadi*

Nel 1529, tuttavia, mentre a Firenze Michelangelo si prodigava a proteggere con le balle di lana e materassi il campanile di S. Miniato dai colpi delle artiglierie imperiali, nella città di Sibiu in Romania, un grande razzo a due stadi si sollevò da terra, dinanzi ad una miriade di spettatori sbalorditi come ci ha tramandato un manoscritto solo di recente scoperto. Il manoscritto che descriveva nel 1529 a Sibiu, un razzo a tre stadi, infatti, è stato scoperto nei primi anni '60 del secolo scorso, per l'esattezza nel '62, dallo studioso Doru-Dimitrie Todericiu, fuggito successivamente in Francia dopo avere pubblicato un volume su quella sua scoperta. Volume però che per otusa conseguenza della emigrazione fu subito ritirato e distrutto dal regime comunista di Ceausescu. Nel 2002, tuttavia il volume è stato ripubblicato, sebbene in una preziosa edizione per bibliofili di appena a 15 copie, e solo di recente è tornato accessibile al pubblico. Il professor Todericiu ricordando la scoperta del manoscritto precisò che vide in maniera casuale nei suoi fogli alcuni disegni che raffigurano un razzo a tre stadi: "mi sono ritrovato così con le prime immagini conosciute finora di un razzo a più stadi col relativo dispositivo di accensione progressiva..."<sup>8</sup>. Il suo autore, l'ingegnere militare Con-



rad Haas, 1509-1576, che da un certo periodo in poi della sua vita fu a capo dell'Arsenale di Sibiu, in molti fogli di quello straordinario codice si dilunga a descrivere sia la costruzione che il funzionamento di quei razzi multistadi, nonché le prove degli stessi effettuate pubblicamente. Di lui si ricorda la qualifica di maestro artigiere, al servizio dell'imperatore Ferdinando I ed il suo trascorso militare nella difesa di Vienna assediata dai Turchi nel 1529.

Un paio di decenni dopo, per l'esattezza nel 1555, Haas progetta e costruisce un altro razzo, questa volta a tre stadi: consta di un tubo involucro di metallo, terminante con una ogiva conica, all'interno del quale sono collocati, uno sopra l'altro, tre grossi endoreattori, terminanti, a loro volta, con tre ugelli gasdinamici. Il loro diametro è

<sup>8</sup> La citazione è tratta da D. D. TODERICIU, *Preistoria Rachetei Moderne. Manuscrisul de la Sibiu 1529-1569*, Bucarest 1969.

In alto e nella pagina seguente: illustrazioni tratte dai codici di Conrad Haas, relative a studi sui razzi.

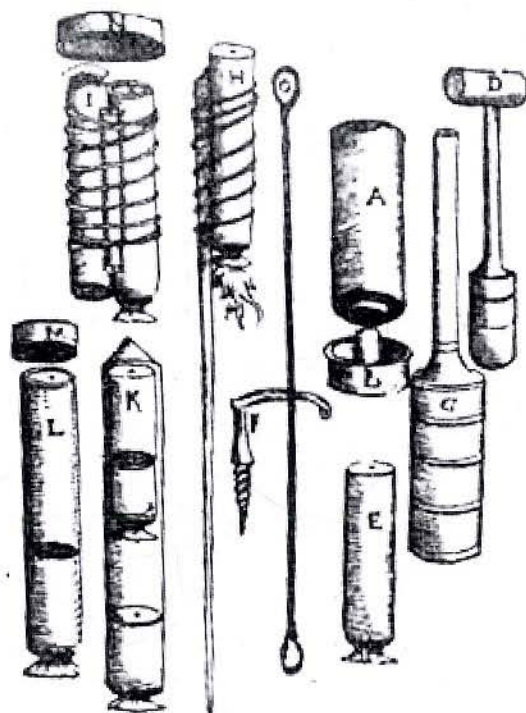




decescente dal basso verso l'alto, in modo che ciascuno di essi, esaurita la combustione, possa venire espulso: un apposito giunto permette, però, anche il distacco della sezione di tubo ormai superflua. Essendo la spinta necessaria all'ascesa sempre minore via via che la carica si consuma, i tre razzi non sono solo di diametro decrescente ma anche, e sensibilmente, di volume.

L'alimentazione adottata per quell'antesigiano missile era sempre a polvere pirica ma, nei successivi perfezionamenti, poteva essere prevista la sostituzione con una miscela a base di acetato di etile, di ammoniaca, d'acido acetico e di altri liquidi ancora. Quanto all'acetato etilico risulta ricavato dall'alcool etilico mentre l'ammoniaca dalle urine, come ci tramandano i suoi dettagliati appunti. Il secondo grande razzo a tre stadi lanciato nel cielo di Sibiu, al cospetto di un numeroso pubblico, funzionò talmente bene da suggerire al suo inventore di adattare l'ogiva ad alloggiamento per un animale cavia, al fine di studiare gli effetti biologici del volo ad altissima velocità. Intuibile l'intenzione di impiegare analoghi razzi per il volo di un pilota umano qualora compatibili alla sua fisiologia. In conseguenza Casimir Siemienowicz, che nel 1650 propose la costruzio-

## Von Rogeten.



### Erklärung dieser Figuren.

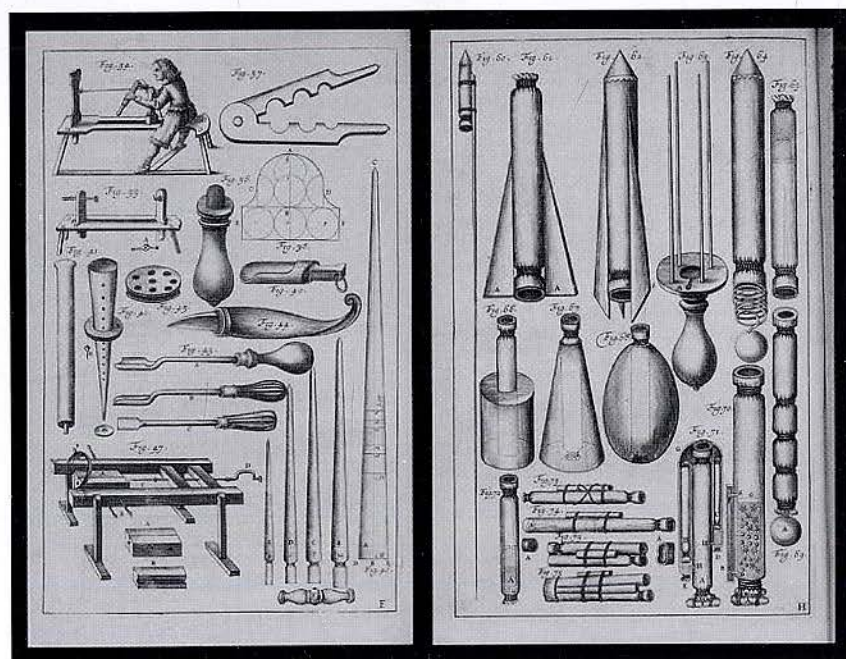
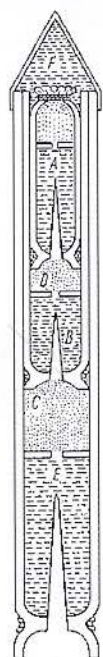
- A. bedent den Rogeten stock.
- B. bedent das mitterlein so vnden an Stock gehört.
- C. bedent das stößlein so in den Stock gehört.
- D. bedent den Schlägel oder Hammerlein; darmit man einschlägt.
- E. das Rogetle von Papp.
- F. die Schrauffen dar an man die Rogetle bindt.
- G. die sauten oder schnur; daran man die Rogetle halfflein zu zeuchet vñ bindt.
- H. das Rogetle so an dem stößlein in die höhe nach dem anzünden.
- I. die zwey Rogetle so an einer schnur im röhren hin vñ wider schrit.
- K. zwey Rogetlein mit schlägeln in einander gestossen.
- L. das Rogetle in welchem noch eins verborgen; so her wider schrit.
- M. das Heublein so vber das Rogetle gehört.
- N. das Heublein so vber die zwey Rogetle gehört.

Topf

ne di razzi multipli a tre stadi, chiamati *Cicogne*, non può più considerarsene l'inventore ma solo il divulgatore, ad oltre un secolo di distanza.

Poco meno di una ventina di anni prima, per l'esattezza nel 1633, l'utilizzo di razzi per la propulsione di un aeromobile sembrerebbe essere avvenuto a opera di un temerario turco, forse un pazzo, e la sua esperienza per alcuni versi ricorda un moderno apparecchio a reazione per il sollevamento umano individuale, detto anche 'zaino-jet'. Indossato sulla schiena, con la sua spinta provocata dalla combustione di un propellente, permette a un uomo di





In alto: illustrazione dell'artista Larry Toshik, relativa agli esperimenti condotti a cavallo del 1650 da Kazimierz Siemienowicz, esperto d'artiglieria di origine polacca. A fianco: alcuni disegni tecnici tratti dai suoi studi.

Nella pagina a fianco: altre illustrazioni tratte dai codici di Conrad Haas, relative a studi sui razzi.



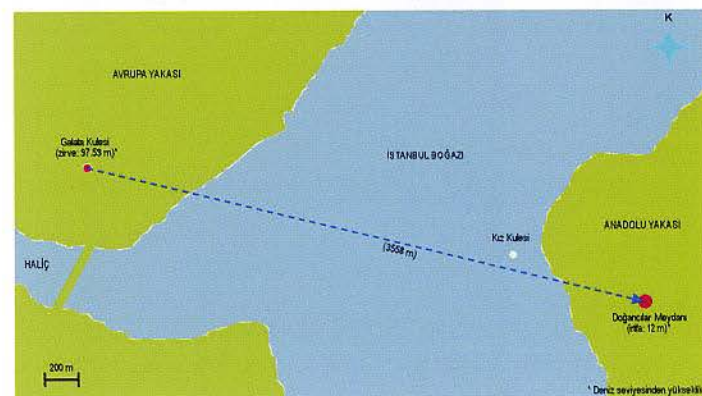
sollevarsi, restando in aria per una decina di secondi: è considerato un supporto tattico interessante, ma per la sua estrema pericolosità non ha avuto un concreto utilizzo.

Stando alle fonti disponibili, sulla cui attendibilità è lecito nutrire qualche dubbio, tra le quali in particolare le memorie del viaggiatore ottomano Evliya Celebi, 1611-1682, relative al biennio 1630-32, il dotto Hezarfen Ahmet Ceelebi riuscì con delle ali posticce, forse nel loro insieme simili a un deltaplano o a un parapendio, a superare il Bosforo dopo essersi lanciato dalla Torre di Galata ed aver effettuata una planata di circa 3 km, ad atterrare illeso. Considerando che l'altezza del punto di partenza era di 62 m, non è improbabile che con condizioni meteo propizie l'impresa sia realmente riuscita. Più controversa, invece, la prestazione del fratello Lagari Hasan Celebi che si proiettò in aria racchiuso in una gabbia, una sorta di capsula conica, grazie alla spinta prodotta dall'esplosione di circa 60 kg di polvere pirica, distribuita in sette razzi propulsori. Il rientro, stando sempre alla stessa fonte, fu in realtà un ammaraggio, reso abbastanza morbido per l'impiego di ali posticce, verosimilmente analoghe a dei piccoli paracadute. Il sultano ricompensò l'audace con un premio in denaro e con una onorevole ammissione nel suo esercito.

### *L'esordio del motore a reazione*

L'aereo quale che fosse il motore che azionava l'elica funzionava per la reazione che la stessa produceva sull'aria, per cui non occorre molto tempo per iniziare a ragionare in termini di propulsione direttamente a reazione. In altri termini il motore, se ancora aveva un senso dargli tale definizione, avrebbe dovuto fornire direttamente la spinta per reazione dei gas fatti violentemente espandere al suo interno dal calore e quindi espulsi ad alta velocità da un apposito ugello di scarico. Il ragionamento semplice concettualmente, e sostanzialmente noto come a in precedenza ricordato con la palla a vento di Erone, implicava per trasformarsi in realtà concreta ed utilizzabile, la soluzione di un gran numero di complessi problemi.

Primo fra tutti la tipologia di propellente, solido o liquido, da adottare: in seguito all'esperienza sui razzi il primo sembrava di gran lunga il più semplice, ma aveva un gravissimo difetto che lo fece presto scartare. Il razzo veniva spinto dalla combustione di una carica composta di combustibile e comburente che avvenendo, però, ad altissima velocità, enormemente superiore a quella che l'aereo poteva raggiungere, finiva per rendere insignificante il rendi-



Dall'alto: la Torre di Galata ad Istanbul; il francobollo commemorativo dell'impresa di Hezarfen Ahmet Ceelebi e lo schema del volo di oltre 3 km.

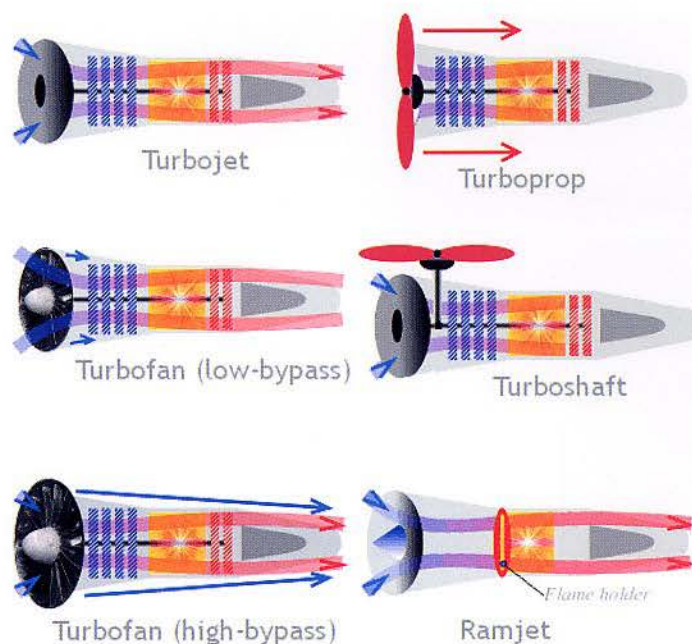


mento. Si optò allora per i propulsori a reazione alimentati a carburante liquido, sia in maniera diretta che mista, detti pure ad aria calda o, più precisamente, a getto, od anche termopropulsori. In essi il comburente, invece di essere trasportato insieme al combustibile dal propulsore, veniva prelevato dall'aria circostante, come in un motore tradizionale. Fra i diversi tipi di tali propulsori, vanno ricordati:

- a) un propulsore a reazione diretta, funzionante mediante un processo aerodinamico e termodinamico, in cui il comburente era prelevato dall'atmosfera grazie alla velocità del mezzo e compresso tramite opportune prese dinamiche anteriori, a tubo Venturi. Pertanto il riscaldamento necessario per l'incremento di volume si otteneva in una adeguata camera di combustione, in cui s'iniettava benzina o nafta. I gas prodotti dalla loro combustione di volume ed energia cinetica di gran lunga superiori alle iniziali, venivano scaricati all'esterno tramite un ugello, imprimendo così la spinta di reazione.
- b) un propulsore a reazione mista, una sorta di sintesi fra la propulsione indiretta del motore-elica e quella diretta del getto d'aria rovente. In esso l'aria era prelevata dall'atmosfera come nel caso precedente, ma compressa mediante un compressore elicoidale mosso da un motore a benzina. Il riscaldamento dell'aria compressa si otteneva sfruttando sia il calore dei gas di scarico dello scappamento del motore a benzina, che del suo circuito di raffreddamento.
- c) un propulsore a reazione mista, come il precedente con la differenza che ad azionare il compressore provvedeva un turbo-generatore a vapore a caldaia rotante a ciclo chiuso, oppure in alternativa da una turbina azionata dai gas di scarico della camera di combustione prima di essere espulsi dall'ugello.

### *Il Caproni-Campini*

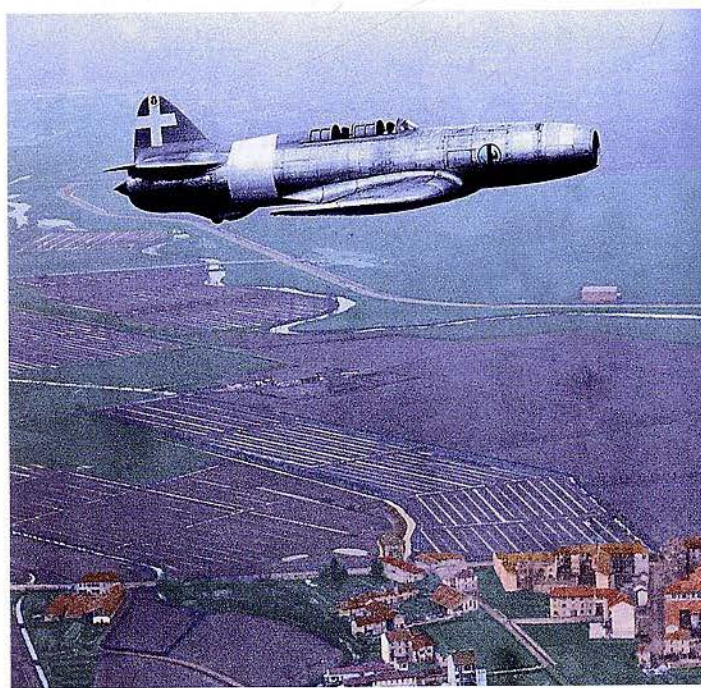
Quale che ne fosse la tipologia nessuno dei propulsori brevemente accennati, era in grado di far muovere un mezzo avendo bisogno per funzionare di una sua discreta velocità. La soluzione del problema si deve agli studi dell'ingegner Secondo Campini culminati in un brevetto del 1932. Il suo motore in realtà non può considerarsi un reattore nel vero senso della parola: all'interno del suo tubo stava, infatti, alloggiato un motore alternativo per far girare un compressore elicoidale che immetteva l'aria



In alto: schemi di funzionamento di tre diverse tipologie di motore a reazione.

Sopra: l'ingegner Secondo Campini.





compressa nella camera di combustione dove degli iniettori immettevano a loro volta benzina e nafta che venivano accese dalle candele, producendo così il getto di gas incandescente dall'ugello posteriore. L'aria, a ben vedere, è già accelerata dall'elica che può considerarsi un'elica intubata, la cui spinta è integrata e amplificata dai gas di scarico. Il motore alternativo svolge, perciò, un ruolo determinante con la sua potenza, al punto da far definire l'insieme anche *motoreattore*<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Per approfondimenti cfr. E. RICCI, *Il segreto della propulsione a*

L'aereo che lo adotterà e volerà il 30 aprile 1940, pur avendo tutte le fattezze di un jet in realtà è ancora un aereo a elica! Infatti come accennato: "l'aria introdotta e compressa dalla velocità del propulsore, nella tubazione a tubo 'Venturi' veniva aspirata dal compressore elicoidale, il quale dopo averla ulteriormente compressa l'introduceva nella camera della miscela (e) previo riscaldamento a mezzo del calore dei gas di scappamento del motore a benzina azionante il compressore e del calore ceduto dalla refrigerazione dei cilindri del motore stesso.

La miscela gassificata e riscaldata entrava in una camera ausiliaria di combustione dove, dopo l'aumento di volume dovuto alla combustione della nafta spruzzata ed infiammata, usciva in velocità dall'ugello posteriore. Quindi nell'avanzamento del propulsore, nel suo moto relativo l'aria veniva compressa dalla presa dinamica per poi essere nuovamente compressa dal compressore elicoidale. Era poi riscaldata oltre che dal calore di scappamento del motore a benzina e da quello ceduto dalla refrigerazione dei cilindri anche dalla combustione ausiliaria della nafta, prima di essere espansa nell'atmosfera.

La raggiunta differenza di velocità fra l'entrata dell'aria e quella di uscita dei gas combusti provocava la forza di propulsione"<sup>10</sup>.

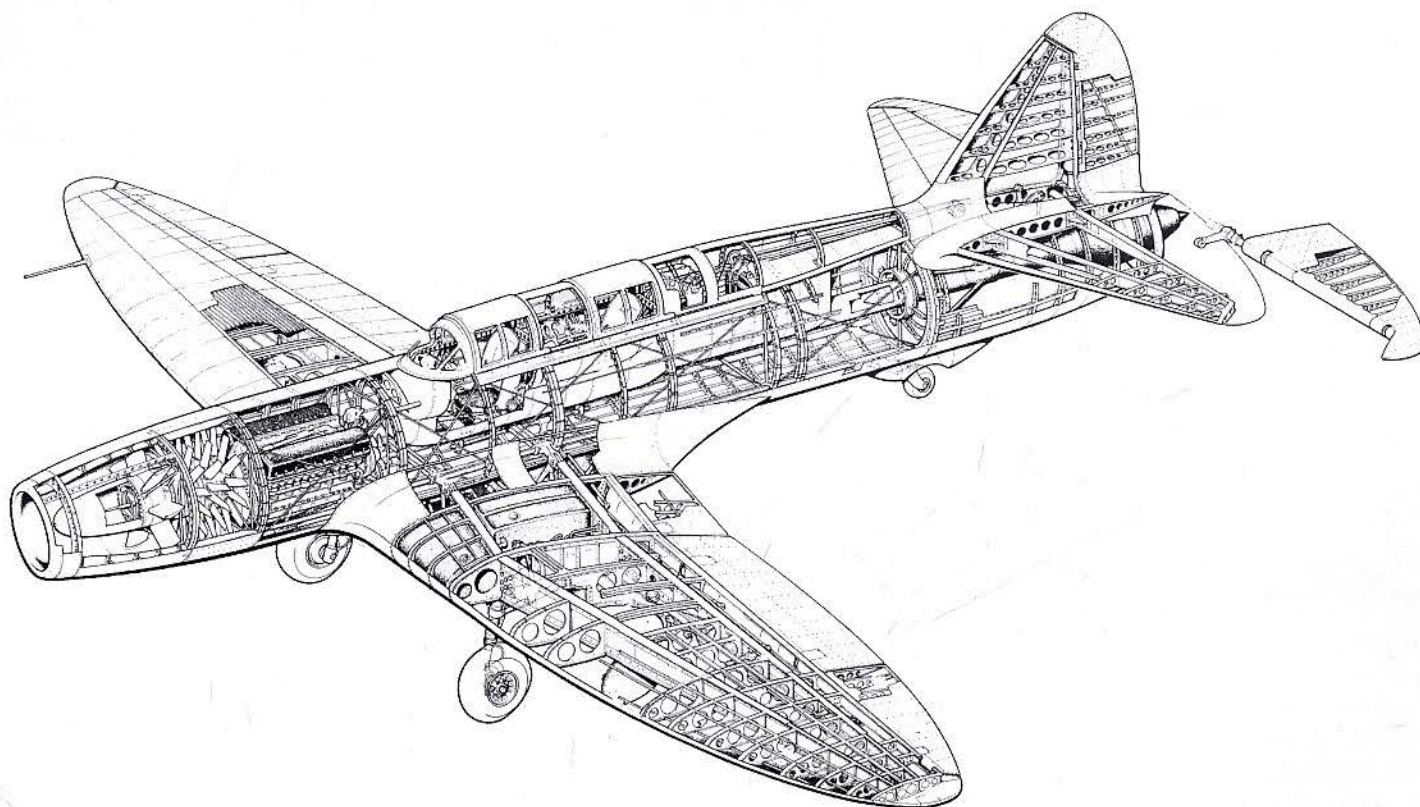
Dal punto di vista strettamente tecnico, infine, il compressore assiale è costituito da una serie di ruote a palette,

*reazione*, Milano 1945, pp. 133-159.

<sup>10</sup> Da E. RICCI, *Il segreto della...*, cit. pp.148-149.

In questa e nella pagina a fianco: *alcune immagini e una sezione del Campini-Caproni CC1 e della sua evoluzione il CC2.*





del tipo delle giranti eoliche a rosa, quello centrifugo invece è a sua volta costituito da una girante con palette cieche e chiuse in un apposito guscio. Questa seconda tipologia di compressori si dimostrerà presto meno efficace della prima, sia dal punto di vista aerodinamico, offrendo una resistenza molto maggiore, sia da quello dell'ingombro richiedendo uno spazio maggiore, specialmente quando le palette erano collocate su entrambe la facce di un disco,

soluzione adottata inizialmente dalla Rolls Royce ed in seguito abbandonata. Nel frattempo il compressore assiale migliorerà continuamente le sue prestazioni aumentando ad esempio il numero delle ruote, alle quali corrisponderanno altrettanti stadi di compressione progressiva.

Il motoreattore di Campini fu montato su di un apparecchio, costruito nelle officine Caproni di Milano, e si alzò in volo nel 1941, eseguendo delle ottime prove sul campo





di Toledo sotto la guida del pilota colonnello De Bernardi, Nel "dicembre dello stesso anno si affermò con il volo Milano-Roma eseguito in una sola tratta, pilotato dal Col. De Bernardi e dal capitano Pedace.

Non si hanno comunicazioni ufficiali sui risultati dei diversi voli sperimentali eseguiti con detto velivolo a reazione; sembra che, a quota media, la velocità sia da 400 a 700 km/ora"<sup>11</sup>.

Quanto al velivolo: "l'aeroplano costruito nelle officine Caproni era un monoplano ad ala bassa a sbalzo, con una fusoliera cilindrica che conteneva la cabina dei piloti e gli apparecchi per la propulsione a reazione. Nella parte centrale superiore era sistemata una cabina a doppio comando per i piloti. Il carrello era fissato sotto il piano centrale, ed un pattino di coda sotto la fusoliera nella parte posteriore. I piani di coda di direzione e di quota si trovavano sistemati sopra la parte posteriore della fusoliera.

L'aeroplano era completamente metallico, costruito in duralluminio ed aveva nell'insieme un profilo aerodinamico sebbene la fusoliera avesse una sezione maestra piut-

tosta grande onde contenere al suo interno l'apparecchio termopropulsore a reazione e la cabina di pilotaggio"<sup>12</sup>.

Nettamente diversa la via al reattore seguita dai tedeschi e dagli inglesi, sebbene del tutto separatamente e autonomamente. I rispettivi motori, che solo sotto il profilo concettuale non sono dissimili dall'italiano, azionano il loro compressore tramite una turbina a gas, con potenze incomparabilmente maggiori. Va osservato che mentre i tedeschi preferiscono adottare compressori assiali, gli inglesi optano ancora per quelli centrifughi. Al debutto bellico, che avverrà nella seconda fase della guerra, le due produzioni in sostanza sono equivalenti ma, ben presto, per le maggiori disponibilità di metalli ad altissima resistenza quell'inglese surclasserà la tedesca.

Gli Stati Uniti almeno in fase iniziale non entrano nella gara per il motore a getto. Sono interessati, invece, a perfezionare ulteriormente gli aerei che fabbricano in grandi serie, sempre però di tipo tradizionale. È in sostanza un'opzione industriale ed economica piuttosto che una scelta tecnica e

<sup>11</sup> Da E. RICCI, *Il segreto della...*, cit. p. 176.

<sup>12</sup> Da E. RICCI, *Il segreto della...*, cit. p. 180.



quando vorranno rimontare il tempo perduto lo faranno utilizzando i motori britannici, sui loro primi prototipi di aviogetti. Situazione in sostanza analoga per i sovietici che, quando inizieranno le prove per tali apparecchi, lo faranno con prototipi e motori tedeschi di preda bellica, ovviamente nel dopoguerra.

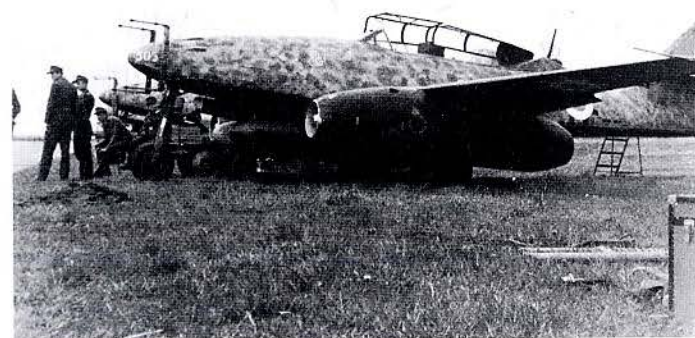
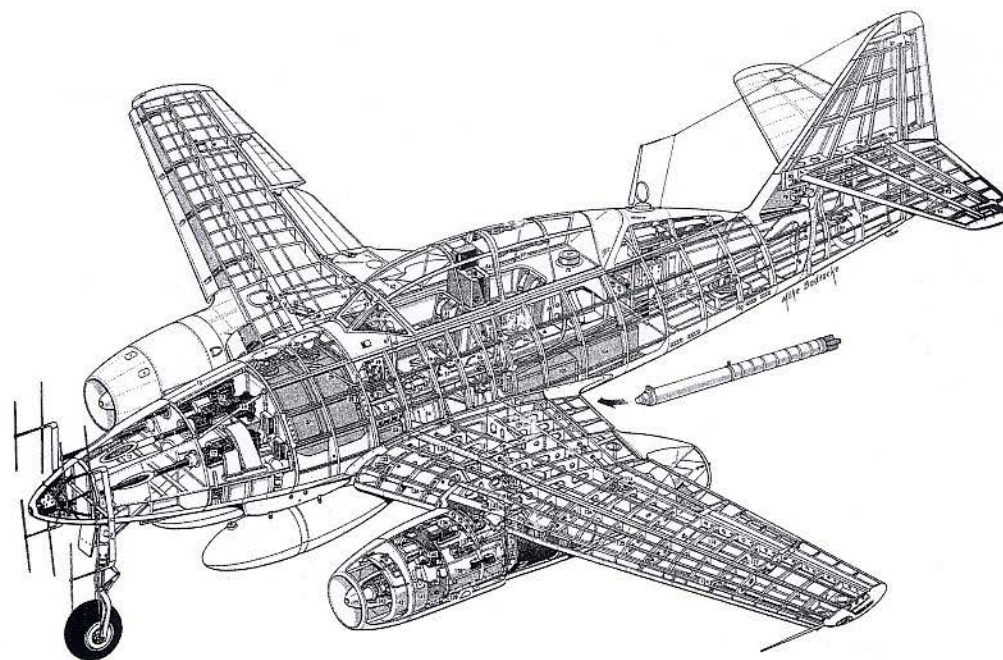
### *Il Messerschmitt Me 262*

È generalmente considerato l'aereo più evoluto e sofisticato della Seconda guerra mondiale, quello che se oculatamente utilizzato avrebbe potuto rovesciare le sorti del conflitto. Rispetto ai suoi diretti avversari era più veloce e più potentemente armato, e soltanto la complessità della sua messa a punto ne ritardò l'esordio, per giunta in un numero limitato di esemplari, ai quali tuttavia viene ascritto un gran numero di abbattimenti. I suoi due reattori sviluppavano una spinta di oltre 1800 kg, ed essendo alimentati da un compressore assiale, consentivano all'aereo una velocità di 870 Km/h a 6 000 m, con quota di tangenza a 11 500. Enorme per contro il consumo di carburante, circa sei volte quello di un tradizionale *Messerschmitt 109*, tant'è che un rifornimento di 2500 litri gli garantiva una autonomia compresa fra i 500 ed i 1000 km, secondo la quota e la velocità: unico vantaggio l'uso di carburanti meno raffinati come kerosene o gasolio. Impressionante la brevità della vita operativa dei suoi motori che non eccedeva le 24 ore, e la facilità ad incendiarsi senza contare una eccessiva debolezza strutturale che lo avrebbe lesionato per velocità appena superiori a quella massima di 0.86 Mach. Nonostante ciò ragguardevoli le novità persino a carico della cellula, che ostentava una sezione ovoidale, col ventre molto piatto configurazione definita a 'forma di squalo',<sup>13</sup> in grado di migliorare la capacità di sosten-

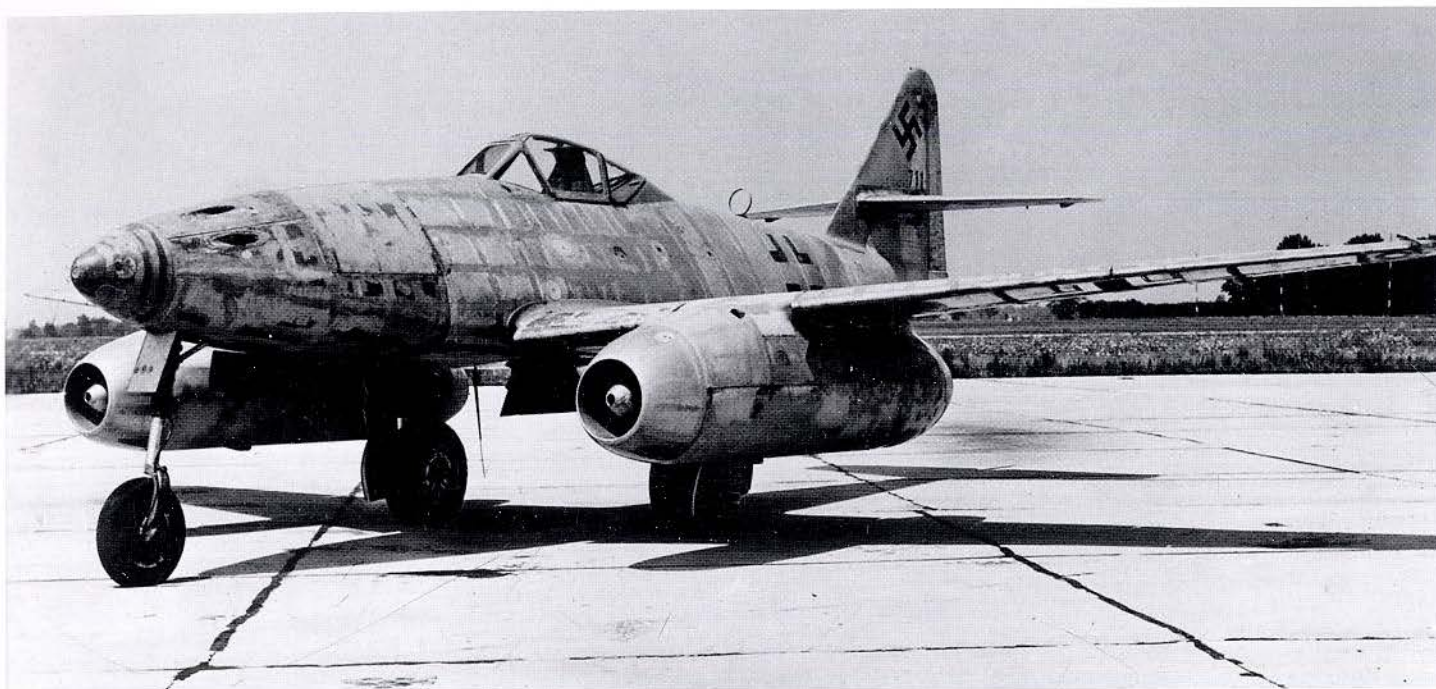
<sup>13</sup> Per approfondimenti cfr. *Storia dell'aviazione*, a cura di G. DICORATO, Milano 1975, vol. 4, pp. 713-714.

Nella pagina a fianco: un dettaglio della fusoliera del Campini Caproni.

In questa pagina: sezione ed immagini del Messerschmitt 262.







tamento senza far ampliare la superficie alare. Al pari di molte costruzioni militari, tra le quali i sommergibili, anche il Me 262 era assemblato unendo fra loro diversi moduli prodotti in diverse fabbriche, tutte di piccole dimensioni e per lo più ben protette in gallerie, riducendo in tal modo i ritardi e gli arresti provocati dai bombardamenti. Sebbene non mancassero difetti costruttivi l'apparecchio risultava estremamente agile e facile da pilotare garantendo un'ottima visibilità e una straordinaria maneggevolezza ad alta velocità.

### *La bomba volante*

Tra le varie applicazioni alle quali dette origine la propulsione a reazione vi anche quella della cosiddetta 'bomba volante' più tristemente celebre come V1. A guerra terminata si riteneva che allo strano velivolo fosse stato applicato: "un turbo-termo propulsore sul tipo di quello dell'ing. Heinkel, con compressore anteriore azionato da una turbina a gas, mossa dai prodotti della combustione prima di essere scaricati nell'ugello posteriore. Detta bomba volante è costituita da un monoplano di piccola apertura alare avente una fusoliera centrale a forma di buona penetrazione. Nella parte anteriore della fusoliera è sistemata la carica esplosiva (A) posteriormente gli apparecchi di equilibrio automatico e di telecomando a distanza (E),

ed i serbatoi dell'aria compressa (C) e (D) per il comando dei piani d'equilibrio e di rotta. Al centro il serbatoio del combustibile (benzina od alcool) (B).

Sopra la parte posteriore della fusoliera è sistemato il turbo-termo propulsore (G) contenente il compressore, la pompa e la tubazione del combustibile, la camera di combustione, la turbina a gas e l'ugello di scarico.

I timoni di direzione e di quota sono posti all'estremità posteriore della fusoliera stessa... L'equilibrio in volo viene dato automaticamente da un sistema giroscopico. Consumato il combustibile, la bomba volante V1 cade in picchiata sull'obiettivo"<sup>14</sup>.

La descrizione sarebbe del tutto esatta se al posto di 'consumato' il combustibile vi fosse stato 'interrotto l'afflusso di combustibile', poiché il sistema di arresto del motore era comandato da un apposito dispositivo e non certo dall'esaurimento del combustibile, soluzione troppo approssimata dopo un volo di oltre 200 km per una ricaduta precisa.

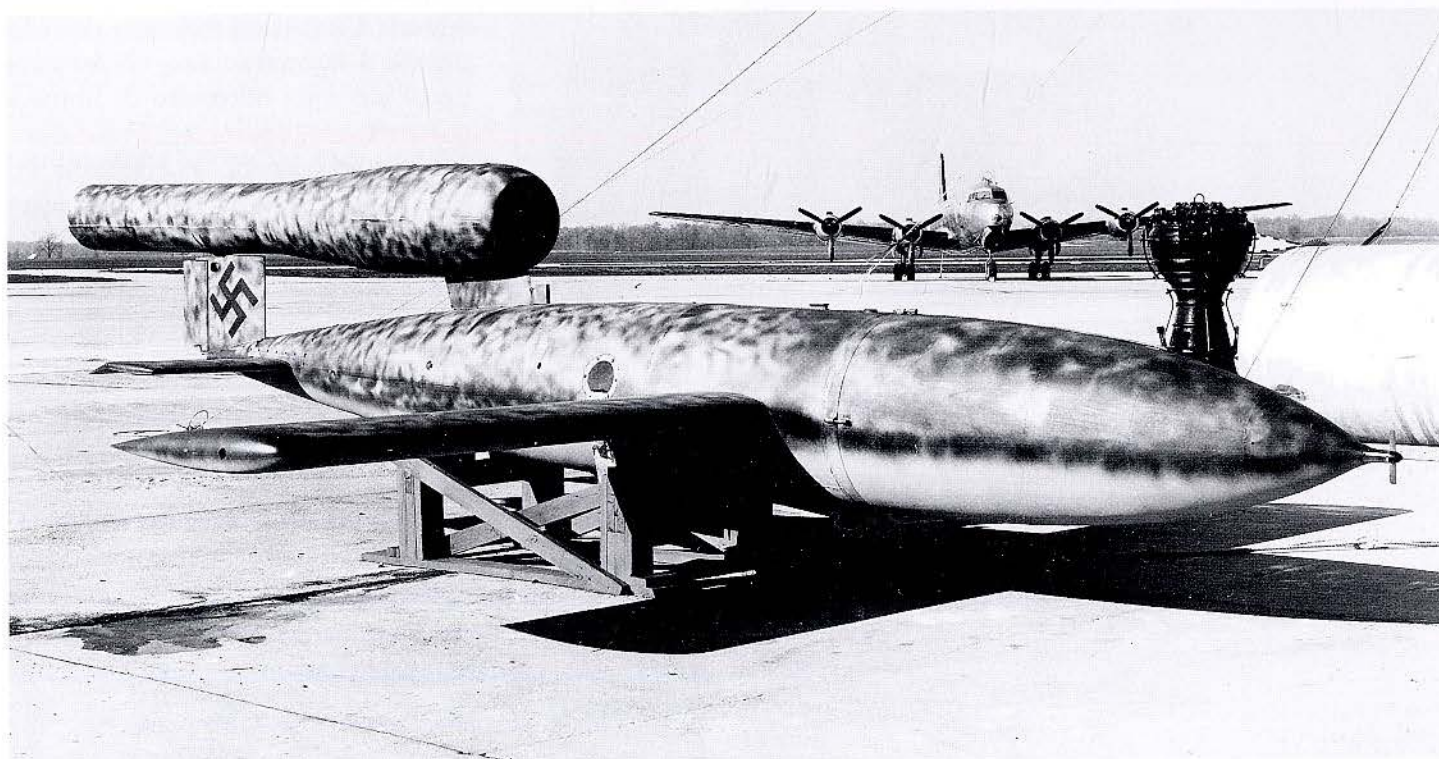
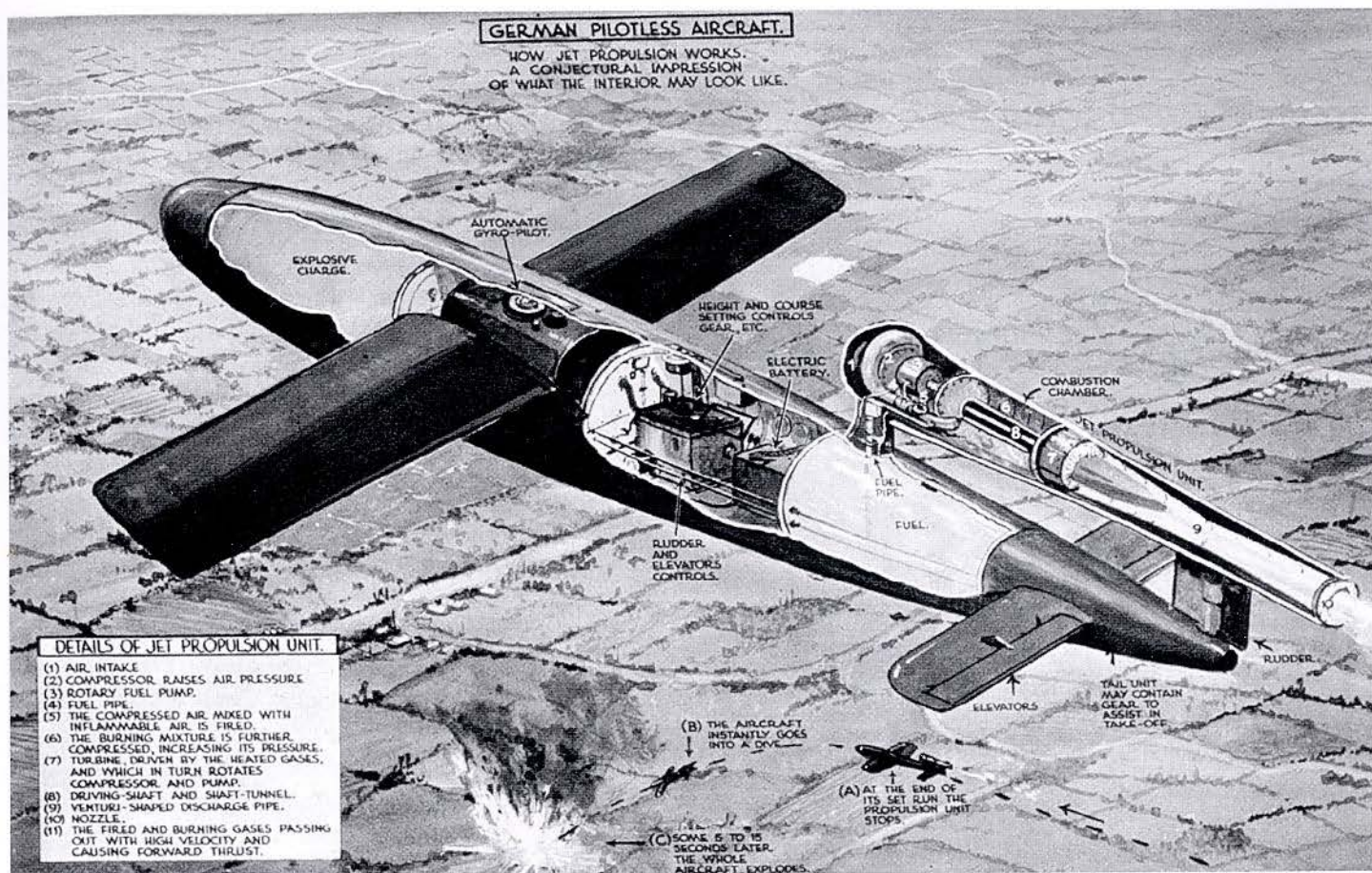
Nella notte del 13 giugno del 1944, alla periferia di Londra fu udito uno strano rombo seguito da alcuni secondi di assoluto silenzio e subito dopo da una violenta esplosione. Di cosa

<sup>14</sup> Da E. RICCI, *Il segreto della...*, cit. pp. 189-200.t.

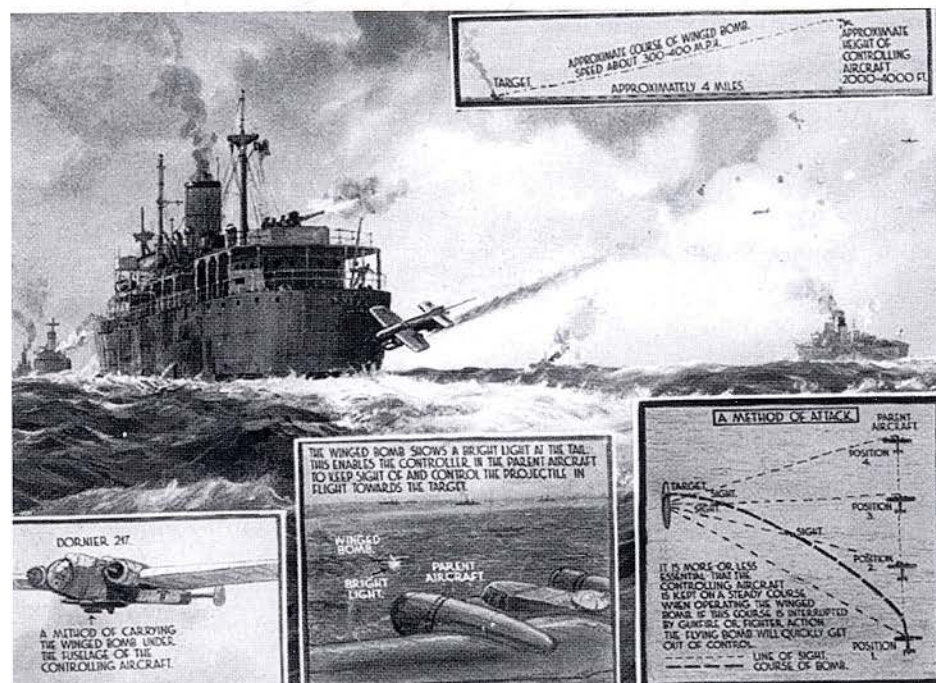
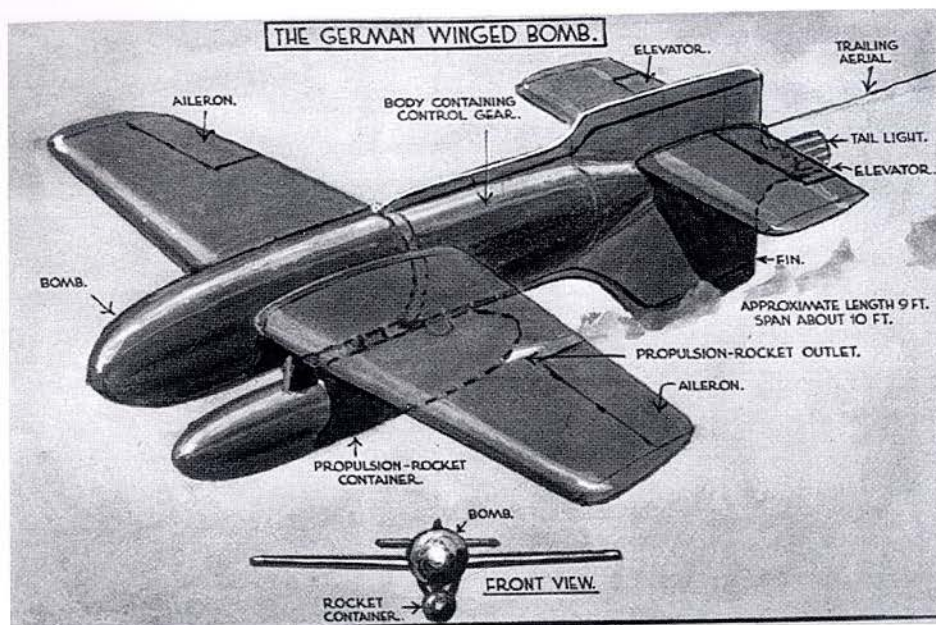
In alto: un Messerschmitt 262.

Nella pagina a fianco: in alto, un'illustrazione pubblicata sul numero del 24 giugno del 1944 sul Illustrated London News, si tratta di un schema della V1; in basso, una V1 in aeroporto, pronta al lancio.









si trattasse e del perché di quel sinistro silenzio antecedente al boato, fu rivelato dalla stampa sulla base delle informazioni ampiamente fornite dalle autorità politiche e militari. In estrema sintesi, quella che durante la veloce picchiata somigliava a un piccolo aereo abbandonato a se stesso, era in realtà una bomba volante propulsa da un rozzo motore a reazione<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Sull'argomento cfr. D. IRVING, *Le armi segrete del Terzo Reich*, Verona 1968, pp. 328-345.

La *Luftwaffe*, che la produceva l'identificò con la sigla Fi 103, ribattezzata dalla propaganda del III Reich V1, *Vergeltungswaffe 1*, arma di rappresaglia n°1. Dal punto di vista tecnico, si trattava di un aeromobile di circa 5 m di apertura alare per 7,5 di lunghezza, pesante quasi 2 tonnellate metà delle quali di esplosivo ad alto potenziale, capace di colpire fino a 250 km di distanza volando alla velocità di oltre 600 km/h. Ai suoi impatti, susseguirsi per dieci mesi, sarà attribuita l'uccisione di oltre 6000 londinesi ed il ferimento di altri 17.000!

Singolare e, come visto, scarsamente noto il sistema escogitato per provocare la caduta una volta giunta sul bersaglio, tant'è che la manovra per alcuni tecnici implicava un radiocomando azionato da osservatori lontani o da spie vicine, per altri un avanzato timer, o un'ennesima diavoleria teutonica non meglio identificata. Molto più semplice, antica e mediterranea la soluzione. Dall'ogiva della V1 fuoriusciva attraverso una corta protuberanza una piccola elica che, posta in rotazione durante il volo dalla resistenza dell'aria tramite il suo sottile asse, comunicava i suoi giri a un odometro di Erone a quattro tamburi numerati, simile al nostro contachilometri del cruscotto. Lo strumento, però, era fatto funzionare alla rovescia, poiché non forniva al momento dell'arresto la distanza percorsa dal punto di partenza ma, stabiliva il momento dell'arresto dopo aver percorso una determinata distanza!

In breve, in previsione del lancio sollevando una levetta posta sulla destra della scatola dell'odometro, si sbloccavano i tamburi, portandoli manualmente a comporre la cifra della distanza stimata, che durante il volo si riduceva costantemente fino a pervenire a 00.00 una volta sul bersaglio. A quel punto una elettrovalvola chiudeva l'alimentazione del reattore, ponendo così termi-

In alto: illustrazioni pubblicate sul numero del 15 gennaio del 1944 sul *Illustrated London News*, relative alle modalità operative della V1.



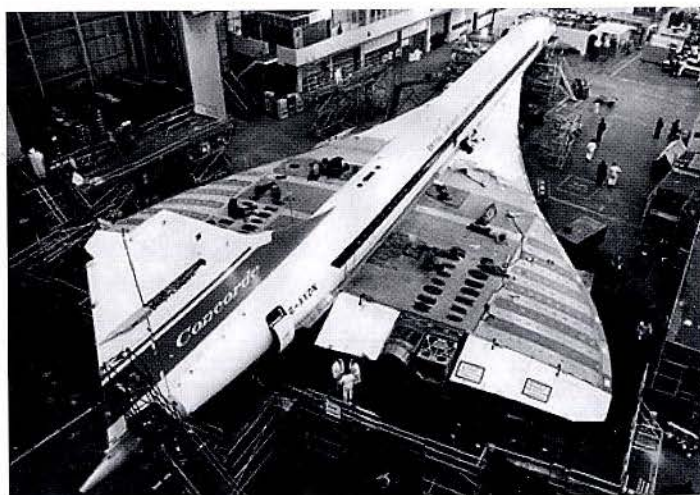
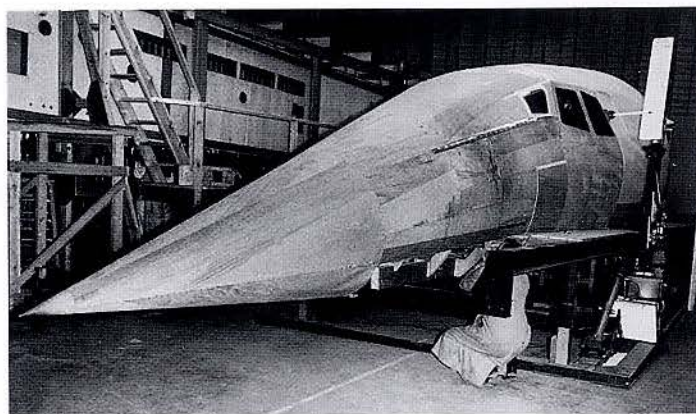
ne al suo rombare, e la bomba dopo una silenziosa planata piombava al suolo esplodendovi fragorosamente<sup>16</sup>.

### *Il turboelica*

Come fu in breve evidente, i gas espulsi dagli ugelli di scarico dei turboreattori possedevano ancora una discreta quantità di energia. Accurate analisi confermarono che, mentre la loro temperatura si aggirava ancora intorno ai 600°, valore tutt'altro che residuale per un fluido esausto, la loro velocità attingeva i 600 m/sec, valore anche questo suscettibile di ulteriori e significativi sfruttamenti. Tale potenzialità esulava dalle effettive esigenze, per cui soltanto gli aerei militari e per brevi intervalli in seguito se ne avvalsero, e nel campo civile soltanto il *Concorde* e il corrispettivo e fin troppo simile sovietico Tupolev Tu-144, le cui effimere vicende sono ben note. Si tentò allora usare quel surplus energetico per ridurre i consumi, e la soluzione escogitata contemplò una turbina, collocata in modo da essere posta in rotazione proprio dal flusso dei gas di scarico del turboreattore. Questa, a sua volta, si rese solidale con un'elica, che ritornava così alla ribalta nel volo da dove peraltro non era mai scomparsa definitivamente e completamente. Suddividendo in maniera proporzionale le frazioni della trazione da addebitare ai gas di scarico e all'elica, questa risulta di gran lunga primaria, per cui in sostanza potrebbe nuovamente ravvisarsi una variante del

<sup>16</sup> Cfr. F. RUSSO, *Una minacciosa tecnologia carpita al passato*, in *Rivista Aeronautica* 2/2009.

In questa pagina: le fasi di sviluppo ed assemblaggio del *Concorde*, agli inizi degli anni '60.







*motoelica*, dove la vera novità è nell'altissimo rendimento, a velocità non elevatissime.

Volendo approfondire: "il turboelica fu concepito all'inizio degli anni Cinquanta del secolo scorso, nel tentativo di realizzare un caccia che potesse accompagnare i bombardieri statunitensi nelle loro missioni a grande raggio. Nelle intenzioni dei progettisti il turboelica doveva presentare gli stessi favorevoli rapporti peso-potenza del turbogetto, ma consumo notevolmente ridotto (maggiore autonomia). Il nuovo gruppo propulsore non diede risultati positivi nell'impiego su aerei da combattimento, ma venne invece adottato rapidamente sugli aerei da trasporto, sia civili sia militari. Infatti il turboelica risulta a parità di potenza più leggero, affidabile ed economico dei motori alternativi, e

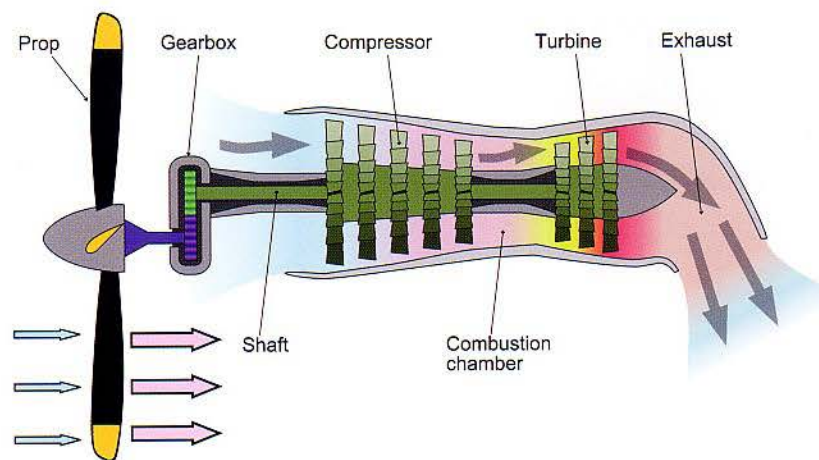
ha consumi ridotti rispetto ai turboreattori. Ormai tutti gli aeromobili a elica con motori di potenza superiori ai 300 cavalli sono equipaggiati con gruppi turboelica, mentre per potenze inferiori il maggiore costo di unità di dimensioni ridotte rappresenta un ostacolo insormontabile alla sua diffusione. Altro grande vantaggio delle unità turboelica è l'impiego dello stesso tipo di carburante dei turboreattori, con notevole semplificazione logistica, riduzione dei costi e delle precauzioni di trasporto e immagazzinamento.

I turboelica si dividono in due grandi categorie monoalbero e bialbero. Nel primo tipo il compressore, la turbina di potenza e l'elica sono calettati sul medesimo albero, anche se i giri dell'elica sono ridotti rispetto a quelli della turbina di potenza tramite l'interposizione di un riduttore.



Questa esecuzione presenta notevoli problemi per il fatto che ogni variazione dei giri dell'elica comporta un'analoga variazione (in percentuale proporzionale) dei giri della sezione generatrice di gas, con notevoli peggioramenti nel rendimento della turbomacchina. Inoltre i turboelica monoalbero risultano di avviamento difficoltoso a causa della notevole inerzia dell'elica e del riduttore che costringono ad adottare motorini d'avviamento di notevoli dimensioni. Nei turboelica bialbero (ormai la stragrande maggioranza) sono completamente separate la sezione generatrice di gas (compressore e turbina di alta pressione) da quella di potenza (turbina di potenza e elica), e l'accoppiamento tra le due avviene esclusivamente attraverso i gas di combustione. Ciò consente la regolazione indipendente e ottimale delle due sezioni, nonché l'utilizzo di motorini di avviamento di dimensioni ridotte.

Il turboelica è un propulsore adatto all'impiego a velocità di volo non troppo elevata (indicativamente fino a circa 200 m/s), risultando soggetto alle medesime limitazioni di velocità proprie del motore a pistoni, ma essendo caratterizzato, in tale gamma di velocità, da rendimenti propulsivi superiori a quelli del reattore puro, dato che la massa gassosa accelerata dal turboelica è costituita in massima parte dall'aria elaborata dalla sua elica. Particolare importanza ha, nel turboelica, il riduttore interposto tra l'albero di potenza e quello dell'elica, la quale deve avere una velocità di rotazione non troppo elevata onde evitare i fenomeni di comprimibilità che determinerebbero, con il formarsi di onde d'urto, vistosi fenomeni vibratorii e sensibili diminuzioni di rendimento. I compressori adottati sono di tipo assiale nei turboelica di grande potenza e di tipo centrifugo o, più frequentemente, di tipo misto assiale-centrifugo sui turboelica di media e bassa potenza. Su questi ultimi è frequentemente adottata l'architettura a flusso invertito, che permette di scindere il complesso delle parti rotanti in due gruppi completamente separati, anche se adiacenti: il generatore di gas posteriore e il gruppo di potenza anteriore, costituito dalla turbina (anche pluristadio) libera, dall'albero di potenza mosso da questa, dal riduttore e dall'albero dell'elica. Estrema importanza hanno sempre i sistemi di regolazione del gruppo motore e dell'elica, dovendo il primo essere mantenuto entro abbastanza ristretti limiti di giri e di temperatura e non essendo quindi possibile (specie nei turboelica monoalbero) consentire ampie variazioni del numero di giri dell'elica. Per incrementare la potenza del turboelica al decollo, specialmente in condizioni di elevate temperature ambiente, viene iniettata a valle del compressore una miscela di acqua-metanolo, la cui vaporizzazione abbassa considerevolmente la tempera-



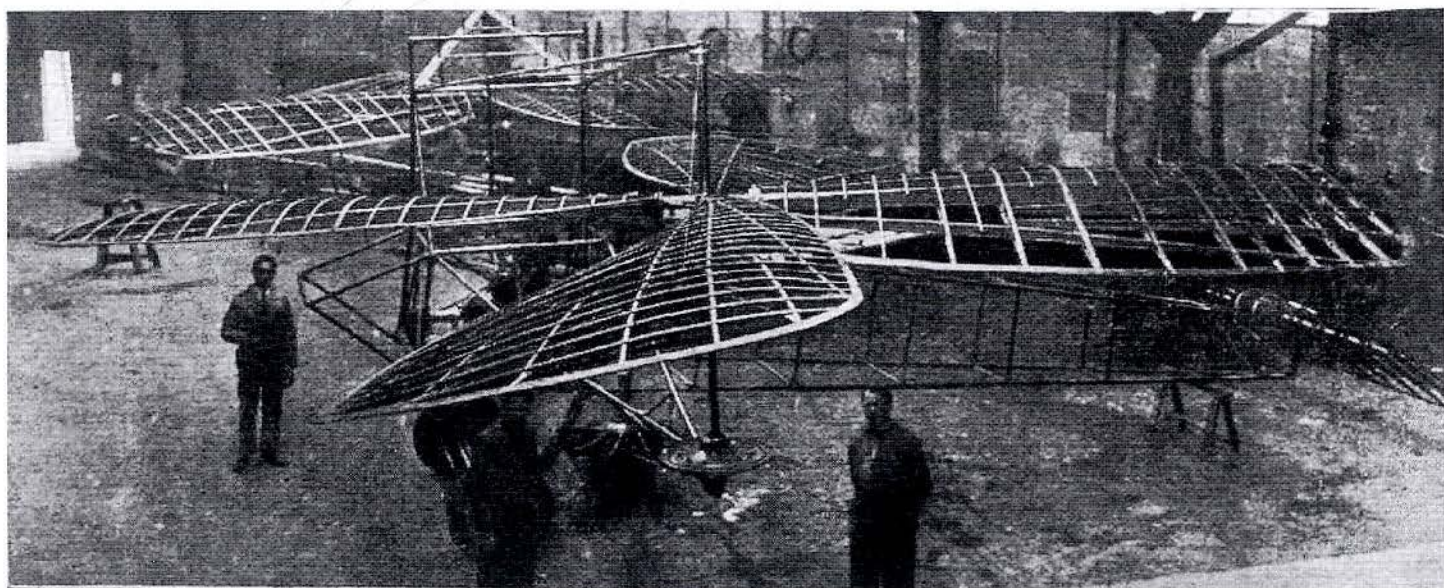
tura dell'aria proveniente dal compressore stesso, consentendo così di immettere nelle camere di combustione una maggior mandata di petrolio. Le prestazioni del turboelica hanno un sensibile calo al crescere della quota, tuttavia meno marcato rispetto a quello dei motori alternativi; per questo motivo le moderne unità di controllo del combustibile sono realizzate in modo da elaborare i dati di pressione ambientale per l'erogazione della potenza massima compatibile con l'integrità del motore a tutte le quote. Dopo un periodo di grande popolarità l'impiego dei turboelica sta declinando, sostituito dalle nuove generazioni di motori turboventola, che presentano consumi ridotti e spinte a punto fermo quasi altrettanto elevate, ma consentono all'aeromobile velocità transoniche...<sup>17</sup>

Caratteristica che, con l'avvento e la diffusione dell'elicottero, ne imposero l'adozione sullo stesso a partire dai 400 CV.

<sup>17</sup> De Agostini Editore, SAPERE.IT, alla voce TURBOELICA.

Nella pagina a fianco, dall'alto: un Concorde e Tupolev Tu-144.  
In alto: lo schema di funzionamento di un motore turboelica.



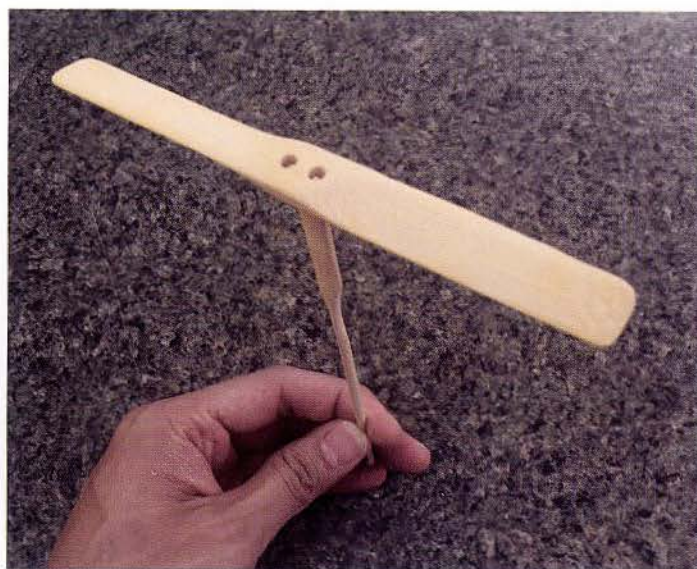




## CAPITOLO SESTO

### *L'ala rotante*

Nella vite aerea di Leonardo da Vinci<sup>1</sup> si ravvisa, abitualmente, se non proprio l'antenato almeno il criterio informatore dell'elicottero: in pratica tuttavia, pur dando per scontata una meticolosa costruzione di quel prototipo, non poteva in alcun modo sollevarsi da terra. Vari, comunque, i suggerimenti che si riscontrano alle spalle di quel celebre disegno primo fra tutti un curioso gioco per bambini, che si guadagnerà l'austera definizione di termoscopio, uno strumento in grado di evidenziare il calore di un corpo senza, tuttavia, fornirne la temperatura. Il più semplice consisteva in una mezza buccia d'arancia tagliata in forma di spirale, con il polo poggiato sopra un perno acuminato che fuoriusciva da un braciere: l'aria calda che da esso si sollevava poneva in rotazione la spirale. Pertanto, se l'aria ascendente faceva girare quella sorta di vite, la sua rotazione avrebbe dovuto consentire di ascendere nell'aria ferma! Un secondo suggerimento, molto più significativo, lo dovette recepire dall'osservazione di un altro giocattolo, capace però di sollevarsi realmente nell'aria per qualche decina di metri. Proveniva dalla Cina dove era conosciuto come la 'libellula di bambù' in cinese *zhuqingting* e in giapponese *otetombo*: giocattolo che va considerato a tutti gli effetti un vero rotore di elicottero, e quindi il suo indiscutibile predecessore, tant'è che al pari di questo fatto girare velocemente s'innalza in verticale. Stando alle fonti disponibili la sua comparsa si può collocare nel periodo degli 'Stati belligeranti', ovvero intorno a 400 a.C., e già molto prima del secolo scorso ha attirato l'interesse degli studiosi del settore. Dal punto di vista cronologico i primi giocattoli del genere erano realizzati con piume fissate all'estremità di un bastoncino, in alcuni casi fatto ruotare



tramite la corda di un archetto. Numerose nel corso dei secoli le varianti apportate al giocattolo, che comunque mai ne misero in discussione il criterio informatore e la sua attitudine al volo. Verosimilmente è giunto in Europa a seguito della spedizione dell'ammiraglio Zheng He, forse attraverso i tanti contatti con qualcuna delle città toccate dalla sua immensa flotta, costituita da navi enormi. L'epopea ebbe prese l'avvio: "quando nel 1403 Yongle diede l'ordine di costruire le nuove flotte imperiali... uno dei più ambiziosi programmi di opere pubbliche, quasi paragonabile all'edificazione della Grande Muraglia. Ogni provincia dell'impero fornì il suo contributo all'assemblaggio di 1.681 fra navi mercantili, militari e logistiche... Ogni nave aveva quattro ponti e un'avanzatissima stiva di stabilizzazione con terra e pietre; catapulte incendiarie e cannoni

Nella pagina a fianco: una rara immagine della costruzione di uno dei primi elicotteri, il Damblanc-Lacoin Alérion, nel 1920.

Sopra: il *zhuqingting*, la libellula di bambù di origine cinese.

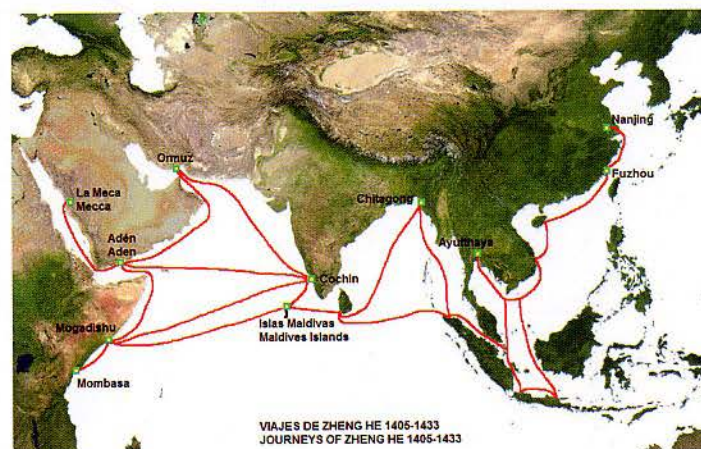
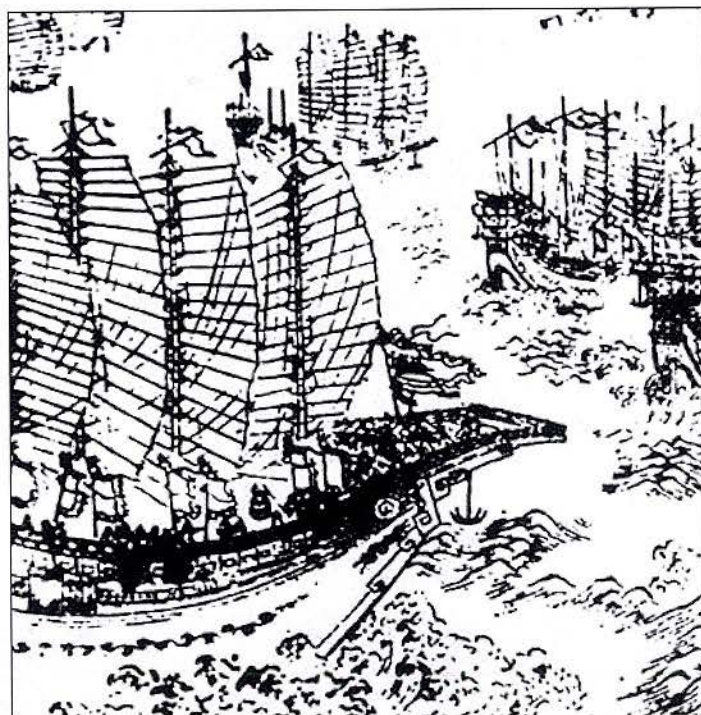
<sup>1</sup> Cfr. S. CREMANTE, *Leonardo da Vinci*, Milano 2005, p.520-30.





con polvere da sparo; prue rinforzate capaci di resistere all'urto delle barriere coralline. Le ammiraglie arrivavano a 146 metri di lunghezza e 60 di larghezza: tuttora fra le più grandi navi di legno mai costruite nella storia... A bordo delle ammiraglie viaggiavano squadre di astronomi, meteorologi, medici, farmacisti e botanici, e anche «insegnanti capaci di leggere libri stranieri», cioè traduttori e interpreti versati soprattutto nell'arabo e nel persiano, lingue franche delle rotte navali.... L'armada navale comandata da Zheng He era così vasta che a più riprese, nel corso delle sette grandi spedizioni, si suddivise in più flotte con destinazioni diverse... Nel 1433, nel corso della settima ed ultima spedizione da lui comandata, Zheng He si ammalò e morì in mezzo all'Oceano Indiano. Aveva 62 anni. Negli ultimi 28 aveva percorso 50.000 chilometri e visitato 37 paesi...<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Da F. RAMPINI, *Quando la flotta imperiale si fermò alle porte d'Europa*, in la Repubblica, 21 agosto 2005.



Tornando al giocattolo cinese esordì, in accordo con quanto delineato, in Europa e quindi in Italia intorno alla metà del XV secolo, tant'è che di tale evento abbiamo una prima testimonianza incontrovertibile nel 1460, in un celebre dipinto francese della Madonna con bambino, conservato presso il Musée de l'Ancien Évêché a Le Mans;

In questa pagina: la statua dedicata all'ammiraglio Zheng He in Cina; la sua flotta in una immagine tratta da un antico manoscritto cinese; la mappa con l'itinerario dei suoi viaggi.

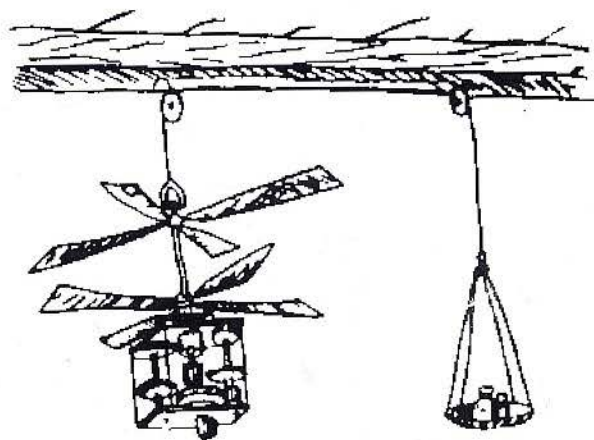
Nella pagina a fianco, l'elicottero di bambù in varie raffigurazioni artistiche: a sinistra, in alto, in un bassorilievo medievale; in basso, nel dettaglio di una tela di Pieter Breughel il vecchio, del 1560, Kunsthistorisches Museum di Vienna; a destra, in quadro del 1460 raffigurante la Madonna col Bambino, Musée de l'Ancien Évêché a Le Mans.



una seconda, sebbene di un secolo posteriore la si ravvisa in un pannello di vetro macchiato del XVI secolo al Victoria and Albert Museum di Londra, ed un'altra ancora sempre dello stesso anno nel Kunshistorisches Museum di Vienna. Logico, perciò, ritenere quel giocattolo tanto diffuso da giustificare l'interesse dei pittori, tra i quali forse

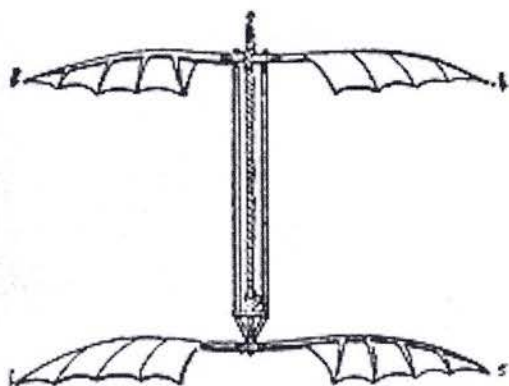




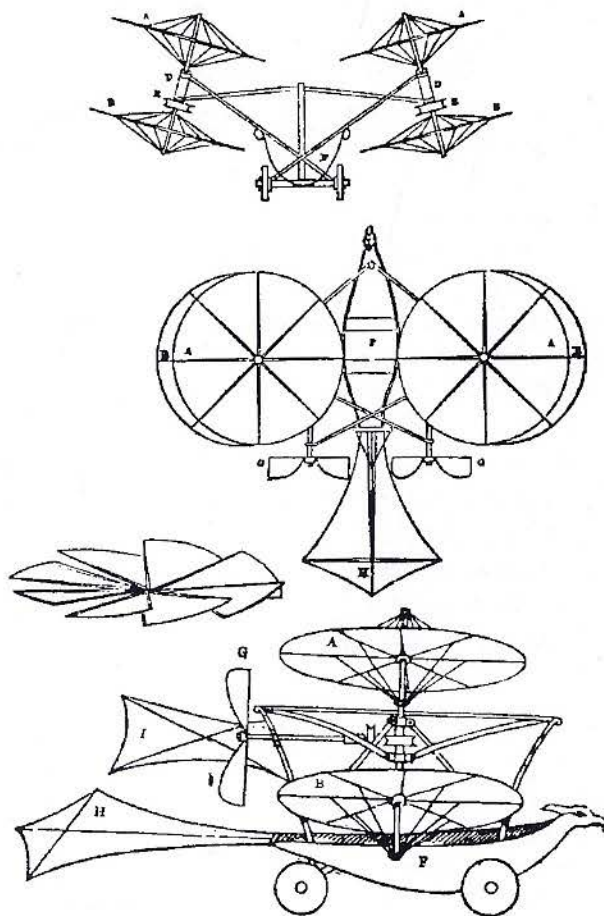


vi fu, come ipotizzato, lo stesso Leonardo che in tal caso ne avrebbe tratto significativi spunti per la sua vite aerea.

Del curioso giocattolo, dopo una lunga fase di semplice impiego ludico, sul finire del XVIII secolo iniziarono degli studi scientifici che portarono, nel luglio del 1754, l'inventore russo Mikhail Lomonosov a fare innalzare un suo piccolo birotore, destinato alle ascensioni di strumenti meteorologici. Un trentennio più tardi sarà il naturalista francese Christian de Launoy a costruire anche lui un rotore simile, impiegando per pale delle grosse penne di tacchino, fissandole alle estremità di un sottile asse. Ponendolo in rotazione, strappando una fune avvoltagli intorno a spirale, quelle pale contrapposte generavano una portanza sufficiente all'innalzamento del piccolo congegno. Nel 1792 fu la volta di George Cayley, che iniziò a far sollevare analoghi rotori. Nel 1809 descrisse un modello azionato da due eliche e, nel 1835 precisò che mentre il giocattolo cinese si innalzava di 6-7m il suo dispositivo volante saliva fin quasi a 27 m. Di meglio farà quasi un secolo dopo l'elicottero!



In questa pagina: *in alto*, il modello attribuito a Mikhail Lomonosov; *sopra e in alto a destra*, il modello di Christian de Launoy; *a fianco*, disegni tecnici del modello ipotizzato da George Cayley.





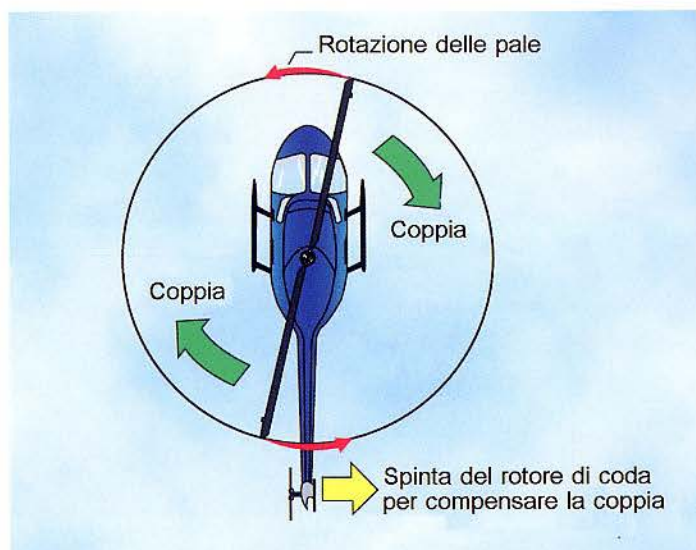
Dal punto di vista della portanza, la spinta che determina il sollevamento e il mantenimento in aria di aerei ed elicotteri, è prodotta nei secondi proprio dalla rotazione del grande rotore le cui pale possono considerarsi altrettante ali in grado di generarla da un certo numero di giri in poi, da cui la definizione di ala rotante. Tra le prime macchine volanti ad avvalersene per volare fu un singolare mezzo aereo: l'autogiro. La rotazione del rotore di sustentamento che nell'elicottero è prodotta da un potente motore, nell'autogiro è prodotta invece dal flusso d'aria, causato dalla velocità della corsa a terra, che investe le pale con incidenza negativa. Una volta in aria provvedeva l'elica di cui era dotato come un normale piccolo aereo a produrre con il volo, il flusso necessario. Il rotore di sustentamento si trasforma così in una sorta di girante eolica ad asse verticale, variante moderna degli antichissimi mulini afgani. La rotazione generata dal flusso d'aria cessa, ovviamente, quando questo s'interrompe per cui l'autogiro diversamente dall'elicottero non può rimanere in volo stazionario.

La corsa necessaria agli autogiro per far generare la portanza in fase di decollo, in alcuni esemplari fu eliminata trasferendo la rotazione dal motore dall'elica anteriore al rotore mediante un innesto a frizione. Si sollevava perciò verticalmente da fermo, quindi inserito nuovamente il motore sull'elica volava come un normale elicottero. L'invenzione dell'autogiro risale al 1919, ed è attribuita all'ingegnere spagnolo Juan de la Cierva, 1895-1936 che lo ideò dopo aver visto precipitare per stallo un trimotore da bombardamento di sua progettazione: da lì la decisione di un apparecchio che non potesse in alcun modo 'stallare'. Ne derivò il velivolo ad ala rotante, nel quale la rotazione non scaturiva da alcun motore ma, come accennato, dalla resistenza dell'aria. La prima verifica sperimentale di quell'aeromobile avvenne nel 1923, dopo una serie d'insuccessi, per lo più dovuti alla instabilità del mezzo. Montava, comunque, ancora delle piccole ali cinque anni più tardi, quando se ne avviò la produzione industriale nella Autogyro Company of America, fabbrica fondata dallo stesso inventore. Nel 1934 anche le ali embrionali scomparvero, affidandosi la portanza alle sole pale rotanti e due anni

In alto: schema di compensazione delle coppie che agiscono su di un elicottero grazie al rotore di coda.

Al centro: l'ingegnere spagnolo Juan de la Cierva.

A fianco: l'ingegner Cierva collauda personalmente uno dei suoi primi modelli di autogiro.









più tardi scomparve pure Juan de la Cierva in un incidente. L'autogiro, invece, non scomparve, ma se ne iniziò a costruire un modello di minimo ingombro, dove la velocità propulsiva poteva esser prodotta persino senza l'elica, facendo girare le ruote del carrello come un normale autoveicolo a motore. Successivamente furono apportate all'autogiro maggiori modifiche, in epoca attuale dandogli nuove potenzialità d'impiego. Infatti: "l'autogiro odierno ha effettivamente progredito rispetto ai primi tipi provati e, sotto il punto di vista della sicurezza in caso di "panne" di motore, si può asserire che esso batte l'aeroplano. La fusoliera è lunga quanto basta per contenere nella parte anteriore un comune motore con elica trattiva; al centro, l'equipaggio, i congegni di manovra ed il serbatoio della benzina; nella parte posteriore i piani fissi destinati a compensare ed annullare le oscillazioni longitudinali e trasversali e quindi a mantenere la dovuta stabilità di tutta la macchina. Il carrello è molto ampio: due ruote anteriori, ben distanziate fra loro ed una ruota posteriore formano un treppiede di sostegno solidissimo e nello stesso tempo molto elastico per attutire l'urto sul terreno al momento dell'atterrata. Una struttura centrale, tronco-conica o tronco-piramidale, sostiene l'albero del rotore che, a volontà, può essere rigidamente accoppiato e disaccoppiato all'albero del motore normale.

Il rotore, comandato dal pilota a mezzo di una leva opportunamente snodata con un giunto cardanico, è a due o a tre pale e può essere inclinato a piacimento del pilota sì da assumere qualsiasi posizione obliqua in avanti o indietro o di fianco, sostituendo in pieno i timoni di quota, di direzione e gli alettoni stabilizzatori trasversali. Questa possibilità di orientamento del rotore rappresenta la più grande innovazione e realizzazione dell'autogiro perché segna un vero geniale e coraggioso passo avanti rispetto alle prime macchine del genere, permettendo -così affermano i piloti specialisti- virate corrette, indipendentemente dal valore della velocità di traslazione. Ma un'altra innovazione ha pure la sua notevole importanza; ed è quella dell'attacco delle pale al mozzo, attacco non rigido, bensì snodato (s'intende in determinati limiti) sia orizzontalmente sia verticalmente, il che consente movimenti di rotazione più uniformi, senza brusche scosse e permette alle pale di assumere angoli di incidenza diversi, dal minimo quasi equivalente a zero ad un massimo che corrisponde all'incidenza più forte per la salita. Nei tipi più recenti la connessione a snodo verticale è stata sostituita da una connessione a snodo obliquo, perfezionamento che ha contribuito molto efficacemente alla realizzazione del decollo "a salto" come in precedenza si è accennato.

Il funzionamento dell'autogiro avviene nel seguente modo: si avvia il motore ad elica normale e si accoppia l'albero del rotore. Quando il rotore ha preso l'andatura voluta si toglie l'accoppiamento e contemporaneamente si mollano i freni delle ruote, lasciando tuttavia il motore e l'elica normale in moto le pale, che nella rotazione avevano assunto un'incidenza piccolissima senza dare luogo, quindi, ad alcuna azione sustentatrice, non essendo più comandate e perciò trasportate, girano sulle cerniere e assumono un'incidenza positiva di entità tale da sollevare l'apparecchio di qualche metro.

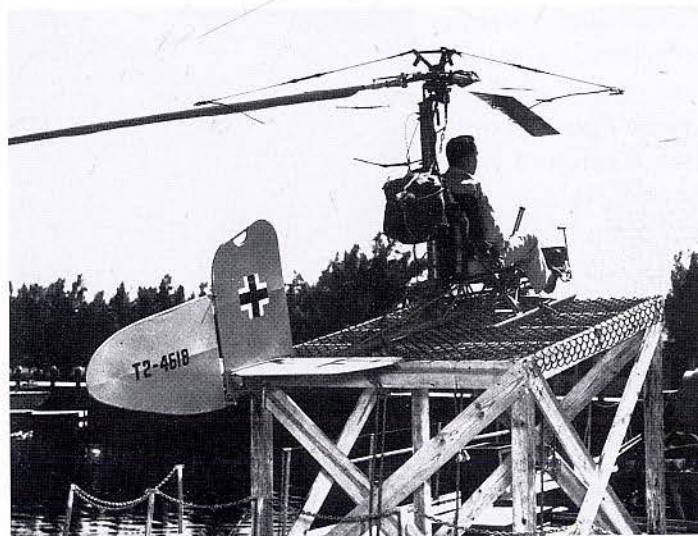
Ma, sia per la mancanza della forza motrice sia per la resistenza offerta dal sollevamento del complesso, la velocità del rotore va via via scemando e si ridurrebbe ben presto a valori trascurabili se, prima di scendere al disotto di un certo limite, non intervenisse l'effetto dell'elica normale e la conseguente traslazione dell'apparecchio che, assicurando l'ulteriore rotazione del rotore in virtù del vento relativo, dà luogo ad un incremento di velocità e quindi alla normale ascesa"<sup>3</sup>.

Tra gli impieghi storici più strani dell'autogiro, quasi una dimostrazione della sua eccezionale flessibilità d'impiego spicca quello di vedetta aerea degli *U-boot* nel corso della Seconda guerra mondiale con il nome di *Focke-Achgelis Fa 330*, privo di qualsiasi motore.

<sup>3</sup> Da V. GAVINO, *L'autogiro e le sue applicazioni*, in *SAPERE*, anno II, vol. IV n° 44, 31 ottobre 1936, XV.

Nella pagina a fianco: i vari modelli di autogiro realizzati e collaudati dallo stesso Cierva.

Sotto: foto scattata durante le fasi di prova del *Focke-Achgelis Fa 330*.

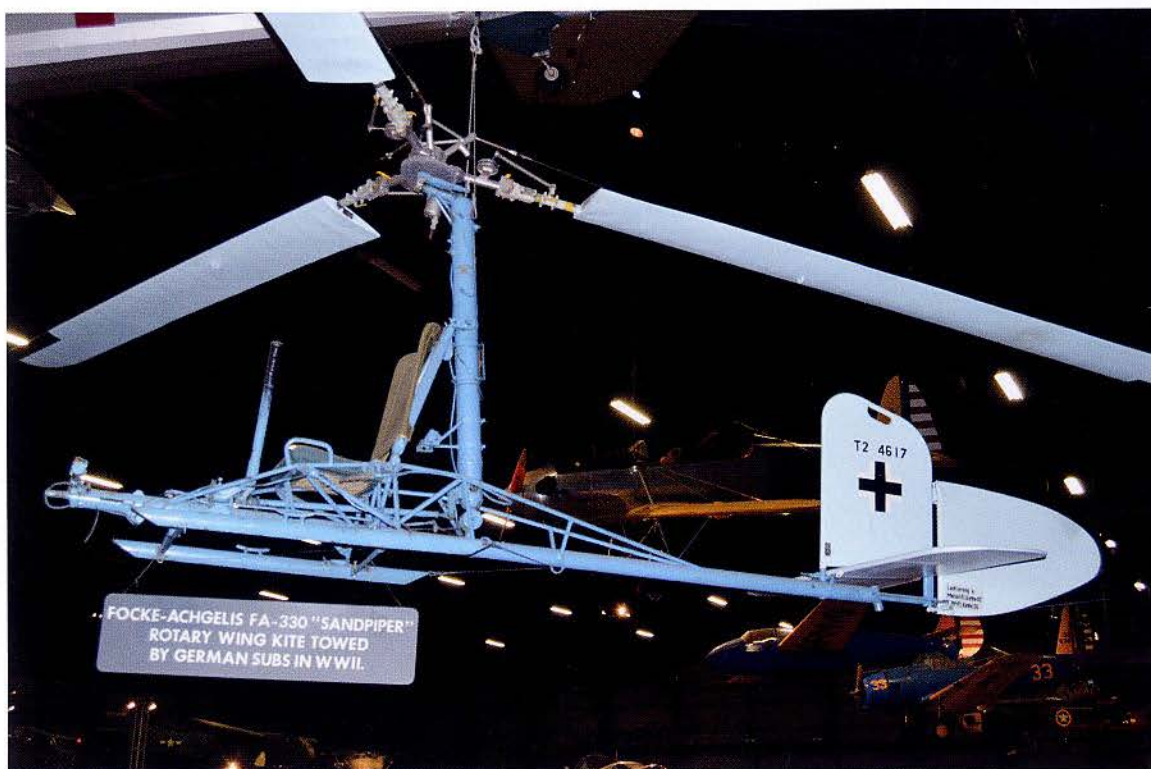




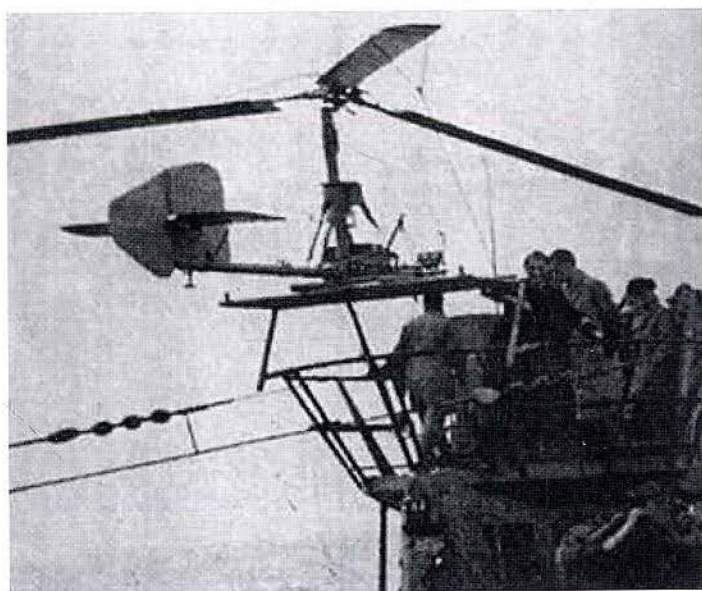
Per l'attuale normativa italiana un autogiro viene considerato un attrezzo sportivo e, come tale, equiparato ai velivoli ultraleggeri fino ad un peso massimo al decollo di 450 kg, stazza che il piccolo autogiro destinato agli *U-boot* tedesco era ben lontano dal possedere, pur appartenendo alla categoria, eccedendo di poco il quintale col pilota a bordo<sup>4</sup>. Diversamente dalla navi da guerra, i sommergibili in generale e gli *U-boot* in particolare, non disponendo di radar, non potevano scrutare un vasto orizzonte essendo bassissimi sull'acqua e per giunta privi di alberi sui quali sistemare posti di vedetta. In pratica, infatti, anche dalla sommità delle loro torrette di pochi metri di altezza, l'orizzonte visibile non andava oltre una decina di chilometri, limite che rendeva il battello quasi cieco, alla mercé delle unità nemiche. La gravissima carenza che, con l'avanzare dei progressi del radar, capace da un certo momento in poi di individuare persino l'emergere di un periscopio o di uno snorkel, suggerì diversi espedienti che contemplavano sia l'utilizzo di cervi volanti che di piccoli idrovolanti, però troppo inaffidabili nel primo caso e troppo complicati nel secondo. Senza contare che la migliore difesa degli *U-boot* era insita nella rapidità dell'immersione, dell'ordine del mezzo minuto, operazione che la manovra di recupero di un osservatore aereo vincolato a una fune, e peggio ancora di un idrovolante, o faceva pericolosamente prolungare o costringeva all'abbandono delle vedette, per cui pochi comandanti erano interessati a farne uso, tanto più che quelle presenze residue avrebbero rivelato la posizione del sommergibile.

<sup>4</sup> Per approfondimenti cfr. H. J. NOWARRA, *Die Deutsche Luftstrategie 1933-1945*, Koblenz, 1993. Per i dati tecnici cfr. DEUTSCHES MUSEUM, *Focke-Achgelis Fa 330 'Bachstelze' 1942*.

Un discorso sostanzialmente simile riguardò pure un singolare apparecchio di modeste dimensioni ad ala rotante denominato *Focke-Achgelis Fa330*, e soprannominato per intuitibili ragioni *ballerina*, privo di motore ma capace di sollevarsi a un centinaio di metri di quota. Tecnicamente rientrava nella tipologia dell'aerogiro, e più precisamente dell'autogiro pur non avendo alcun motore dal momento che a far girare il rotore di sostentamento era la velocità del sommergibile che, infatti, durante il decollo doveva portarsi alla sua massima andatura. L'*Fa 330* fu progettato da Heinrich Focke per l'impiego sui sommergibili oceanici della IX classe, da 740 tonnellate e l'approntamento fu concluso nel '42 dalla *Focke-Achgelis*. La produzione di circa 200 esemplari fu affidata alla *Weser Flugzeugwerke* di *Delmenhorst* che ne iniziò le consegne nello stesso anno. Il piccolo autogiro doveva decollare dagli *U-boot* issato su di una apposita piattaforma, collocata dietro la torretta, trainato con una fune lunga circa 150 m. Al fine di non ridurre la velocità massima del sommergibile con la resistenza frontale delle strutture preposte al lancio le si rese il più possibile idrodinamiche, mentre per contenere i tempi di assemblaggio sul ponte dell'*Fa 330* lo si semplificò all'essenziale, costruendolo con tubolari saldati e piccoli pattini inferiori di appoggio, dotandolo di un impennaggio posteriore monoderiva e di un posto di pilotaggio interamente all'aperto. Il migliore prototipo fu il modello *RLM Fa 330*,

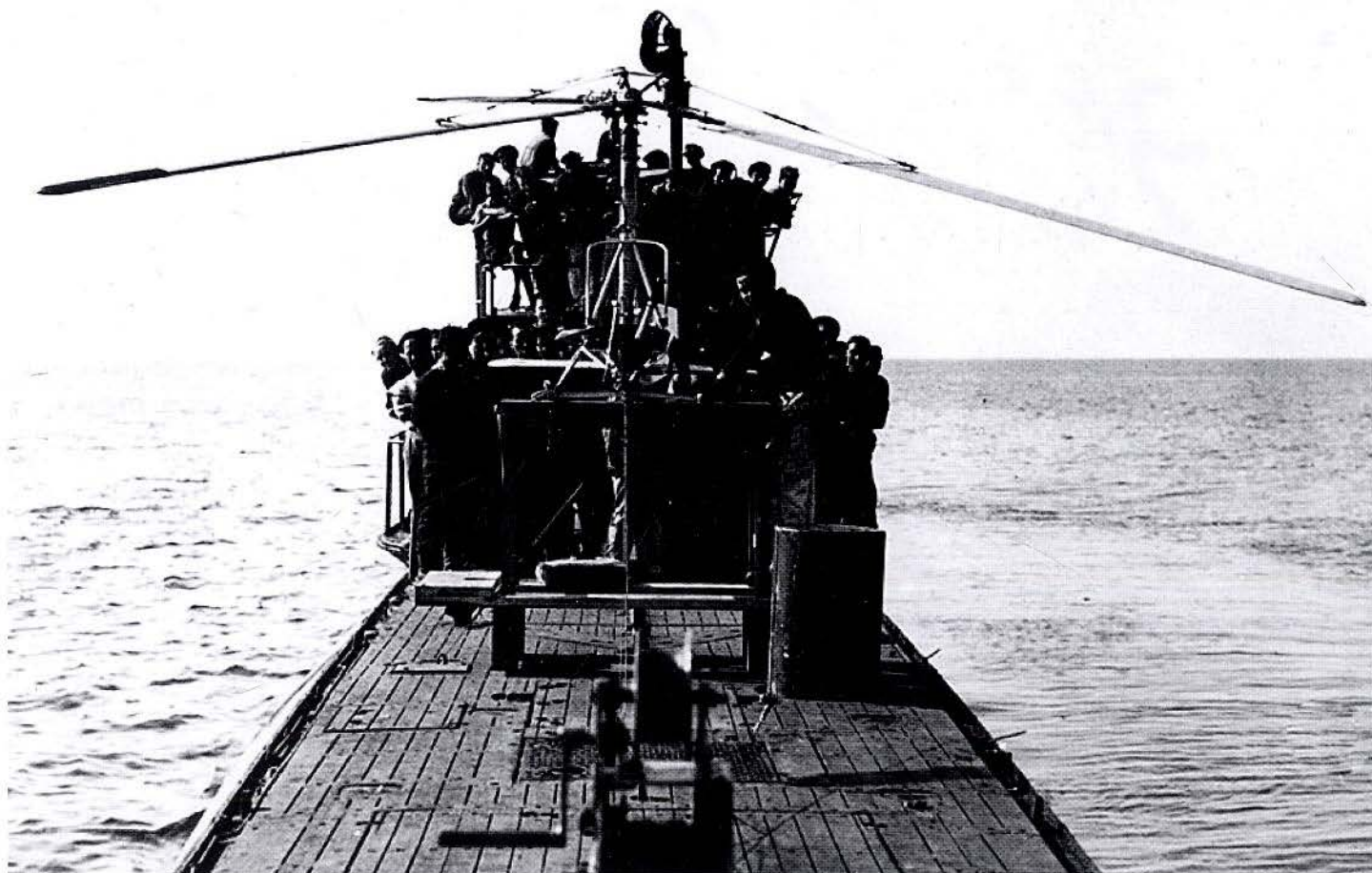






Nella pagina precedente, in questa e nella successiva: *alcune immagini del Focke-Achgelis Fa 330, attualmente nei vari musei di velivoli militari e durante la Seconda Guerra Mondiale, in fase di utilizzo.*





i cui comandi, ridotti al massimo, consentivano agendo sul timone e sull'inclinazione del rotore una sia pur minima governabilità, mentre un filo telefonico, nel cavo di traino, assicurava le comunicazioni tra il pilota osservatore e l'equipaggio che non di rado rimaneva immerso a quota periscopica. La sequenza d'impiego prevedeva che una volta emerso il sommergibile, due marinai con la massima urgenza, in circa 20 minuti, montassero l'*Fa 330* e quindi lo agganciassero alla fune di traino, avvolta su di un apposito verricello indispensabile per il suo recupero. Nel frattempo il sommergibile si portava alla sua massima velocità, per quella classe di circa 35 km/h in emersione, ponendo così in rotazione il rotore che, in pochi istanti sollevava il piccolo autogiro, fino alla quota di 120 m, poco meno dell'intero svolgimento della fune. Da quel momento il sommergibile poteva pure immergersi a quota periscopica, ma sempre navigando a discreta velocità, pronto a emergere non appena richiesto. Pur essendo la visione del giro d'orizzonte effettuabile in pochissimi istanti, l'*Fa 330* restava più a lungo in aria per cogliere un eventuale profilarsi all'orizzonte di qualche nave

nemica, godendo di un raggio visivo di circa 46 km e di una relativa impunità. Il rischio, tuttavia, non mancava poiché l'avvistamento da parte di un aereo avversario, che in pochi minuti poteva attaccare il sommergibile, si trasformava in una situazione d'emergenza. Il pilota, allora, dopo aver avvertito l'*U-boot*, che si produceva in una immersione rapida, tirando una leva sganciava il rotore e mollava il cavo di traino, e poi scendeva appeso al paracadute, posizionato dietro al pilone centrale, attendendo pazientemente il recupero. In tutti gli altri casi, terminata la ricognizione, il veicolo atterrava sul ponte del sommergibile e, mentre alcuni uomini ne riavvolgevano la fune sul verricello, altri lo smontavano in tre parti, due per la cellula ed una per il rotore, stivate in appositi scomparti stagni di modestissime dimensioni. Le sue caratteristiche tecniche erano:

- Equipaggio 1
- Lunghezza 4.42 m
- Peso a vuoto 68 kg
- Diametro rotore principale 7.32 m



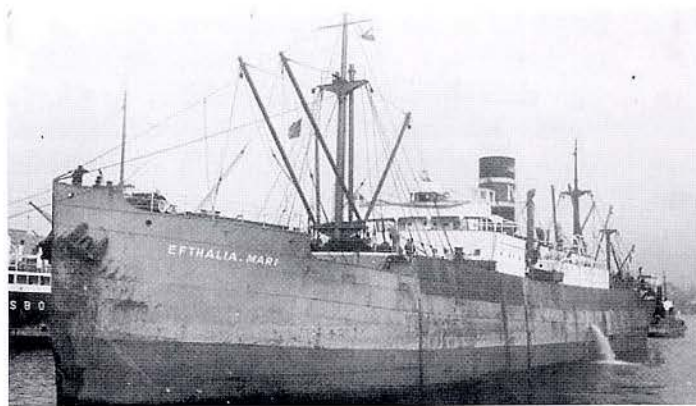
- Principale area rotore a tre pale 42 m<sup>2</sup>
- Velocità massima 40 km/h su rimorchio
- Velocità minima di controllo 27 km/h su rimorchio

Per quanto è stato possibile accertare i primi *Fa 330* sono stati installati sugli *U-boot* sul finire del '42 ed impiegati nel Sud Atlantico. Il 6 agosto fu affondato il mercantile greco *Efthalia Mari*, uno dei rarissimi successi ascrivito al suo impiego. Gli alleati, venuti in possesso di un esemplare intatto in seguito alla cattura dell'*U-boot* 852, ne studiarono a fondo le potenzialità, sia al traino di mezzi navali che terrestri, quali la jeep. L'avvento dell'elicottero di cui l'autogiro, con o senza motore, era stato il precursore, interruppe quegli studi imponendosi in tutti i settori di potenziale impiego, da quelli militari a quelli di civili, da macchina di combattimento a macchina di soccorso<sup>5</sup>.

### *L'elicottero italiano*

Il piccolo autogiro utilizzato dagli *U-boot* dimostra emblematicamente l'interesse di ogni marina militare nei confronti di un velivolo a decollo verticale. Nel 1924, infatti, così scriveva il ministro della Marina Paolo Thaon di Revel a Benito Mussolini:

*Abbiamo bisogno di mettere aerei su tutte le navi: la nave da guerra senza velivoli è oggi una nave incompleta, mentre d'altra parte i velivoli non appoggiati alle navi, almeno allo stato attuale e reale della tecnica, non hanno che un valore pratico minimo nella guerra sul mare. Abbiamo quindi bisogno di qualche nave espressamente costruita per portare gli aerei ed abbiamo bisogno assoluto, urgente, improrogabile, oltre che dei velivoli imbarcati sulle navi, di un gran numero di idrovolanti e di un gruppo di dirigibili, e che gli uni e gli altri abbiano i necessari*



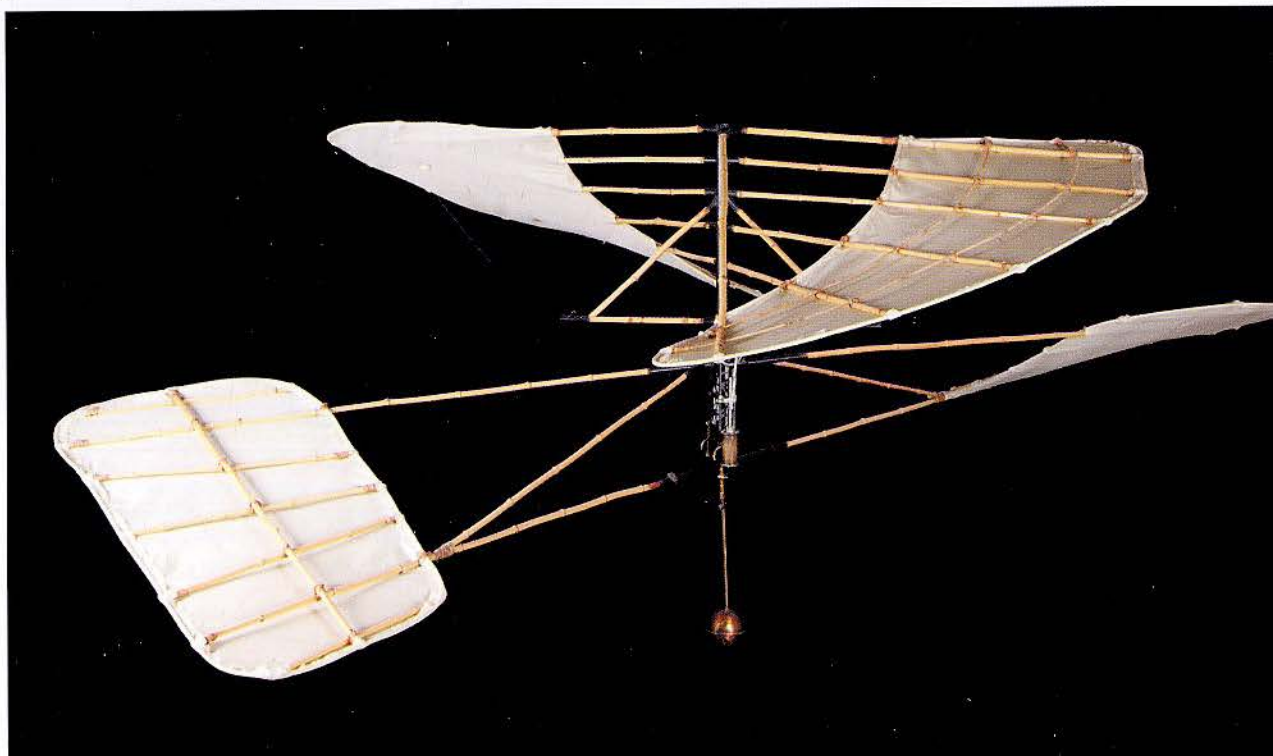
*punti di appoggio sia sul litorale nazionale che su quello delle nostre colonie mediterranee<sup>6</sup>*

Parlando di motori a vapore di crescente validità per l'impiego aeronautico, non può non ricordarsi quello realizzato nel 1878 da Enrico Forlanini, destinato ad un suo prototipo di elicottero con due rotori controrotanti. In dettaglio le due eliche avevano un diametro di 1.70 m la superiore e 2.80 m l'inferiore mentre il motore pesa-

<sup>6</sup> Citazione riportata in A. CURAMI, *Lo sviluppo dell'elicottero in Italia*, cit., p. 55 in *Storia della Meccanica* a cura di V. CANTONI, V. MARCHIS, E. ROVIDA; e sempre nello stesso volume cfr. R. C. GARBERI, *L'evoluzione della tecnologia dell'ala rotante e il contributo di Agusta Westland*.

In alto: il mercantile greco *Efthalia Mari*, affondato nel 1942 grazie all'utilizzo di un *Focke-Achgelis Fa 330*.

Sotto: l'elicottero sperimentale di Enrico Forlanini del 1877, esposto al Museo nazionale della scienza e della tecnologia Leonardo da Vinci di Milano.



<sup>5</sup> Cfr. G. WILLIAMSON, *U-boats Tactics in World War II*, Oxford 2010.



va appena 1.5 kg, avendo al posto della caldaia una sfera serbatoio. Sviluppava appena 0.2 hp, ed era un significativo esempio della tendenza alla realizzazione di motori a vapore leggerissimi. Il prototipo, ovviamente senza pilota, si sollevò fino a 13 m di quota confermando l'efficacia del motore, un bicilindrico, con caldaia sferica, il cui fornello però restava a terra, consentendo perciò l'ascesa per il breve tempo dell'esaurimento del vapore nella caldaia. Scrisse in merito:

*Cominciai ad occuparmi di aeronautica nel 1871, in seguito alla lettura di un articolo del Professore Giuseppe Colombo [...] che per le sue conclusioni mi aveva fortemente impressionato. Da quell'epoca, in diverse occasioni, ebbi a fare una quantità di esperienze sulla resistenza dell'aria, e a costruire una quantità di piccoli apparecchi, quali riusciti e quali non, tutti tendenti, altorché a dimostrare la possibilità del volo meccanico, a ricercare quali fossero le condizioni, di potenza, di peso e di superficie, cui era legata la possibilità di un apparecchio volante<sup>7</sup>*

Sollecitati forse da quelle stesse esigenze vari progettisti si erano cimentati nella progettazione di un vero elicottero. L'ingegnere Corradino d'Ascanio, 1891-1981, ne brevettò uno nel 7 aprile 1925 a due eliche coassiali con dispositivo di discesa lenta automatica. L'idea e la macchina ad ala rotante risultavano talmente in anticipo sui tempi che la loro messa a punto non trovava ancora un sostenitore: nella neonata Aviazione militare alla quale non interessava il decollo verticale, prestazione che invece incuriosiva la Marina, ma non al punto di coinvolgerla economicamente nelle ricerche. Nonostante quella condivisa freddezza a Pescara il d'Ascanio costruì un primo esemplare, il D'AT1, dalle iniziali del suo cognome e di quello del barone Trojani divenuto nel frattempo suo socio. Nel maggio del 1926, tuttavia dopo un modestissimo sollevamento ricadde al suolo danneggiandosi. La nuova macchina, il D'AT2 non ebbe maggior successo.

A quei due sfortunati tentativi seguì un nuovo brevetto, rilasciatogli nel maggio del 1929, relativo a un elicottero a stabilità automatica e comandata, caratterizzato da numerose innovazioni tecniche che confluirono nel prototipo D'AT3, assemblato a Roma presso lo Stabilimento di Co-



<sup>7</sup> La citazione è tratta da E. FORLANINI, *Relazione di alcuni studi sperimentali d'aeronautica*, custodita presso l'ISTITUTO LOMBARDO di Milano.

In questa pagina, dall'alto: l'ingegner d'Ascanio e i modelli DAT1 e DAT2 al momento del collaudo. Nella pagina a fianco: il modello DAT3.





struzioni Aeronautiche e provato sulla pista di Ciampino Nord. E non a caso per una singolare coincidenza nello stesso anno in cui dalla coperta degli U-boot iniziarono a sollevarsi in osservazione gli Fa 330, in Italia si sollevava quell'ultima macchina a decollo verticale dell'ingegner Corradino D'Ascanio, costruita con le accortezze ormai mature. In data 8 giugno 1930 il D'AT3 decolla nell'aeroporto del Littorio, durante la Giornata dell'Ala, alla presenza di Mussolini e di un nutrito pubblico, confermando in pieno le più rosee aspettative, certificate dai vari primati internazionali guadagnati nella circostanza, conferma esplicita della validità del mezzo.

La costruzione, senza dubbio molto onerosa, era stata resa possibile dal: "concorso finanziario della Regia Aeronautica per lire 600.000". Eccone le specifiche tecniche secondo la descrizione fatta dal professore Enrico Pistolesi:

*Due eliche bipale coassiali, ruotanti in senso inverso: interessante il meccanismo epicicloidale tipo disposto per la trasmissione del moto agli alberi delle due eliche, in modo da assicurare in ogni istante l'eguaglianza delle due coppie di reazione e quindi la loro perfetta*

*compensazione. Le pale sono snodate all'attacco e girevoli attorno al loro asse geometrico, per poterne variare il passo a volontà del pilota; la variazione del passo è ottenuta agendo sopra un timone presso l'estremità di ciascuna pala. L'elica è montata a ruota libera, così che in caso di arresto può funzionare in auto rotazione come paracadute a superficie virtuale, previa inversione del passo. Per il governo la macchina è fornita di tre elichette, una sotto la coda per l'assetto longitudinale (e quindi anche per la traslazione), una a sinistra del pilota per l'assetto trasversale, una a destra per la direzione<sup>8</sup>*

La validità del prototipo suscitò grande interesse tant'è che allorquando venne presentato ad Agnelli nel luglio del 1931 pare che questi se ne invaghì, rendendosi: "disponibile alla sua costruzione presso le officine Fiat e alla sua commercializzazione", ma la richiesta avanzata dal barone Trojani di una caparra alla cieca di lire cinque milioni fece

<sup>101</sup> Citazione tratta da A. CURAMI, *Lo sviluppo dell'elicottero...*, cit., p. 62.



presto svanire questa opportunità. Il DAT3 rimase così figlio unico e per di più senza prole. Nel 1932 venne sciolta la società tra d'Ascanio e Trojani e l'ingegnere abruzzese trovò successivamente occupazione, grazie alla notorietà ormai acquisita negli ambienti aeronautici, presso le officine Piaggio di Pontedera. Qui ebbe modo di applicare tutte le sue conoscenze sulle eliche sviluppando un particolare modello a passo variabile che venne utilizzato dal bombardiere trimotore Piaggio P.16 con ottimi risultati; di conseguenza dal 1934 Corradino d'Ascanio cominciò a dirigere per la Piaggio l'Ufficio studi della sezione eliche. Presso la Piaggio il d'Ascanio ebbe modo progressivamente di ritornare al suo vecchio amore, l'elicottero; tra il 1935 ed il 1937 vennero realizzati il PD1 ed il PD2 ulteriori elaborazioni del famoso DAT<sup>3</sup>. Un salto di qualità lo raggiunse nel 1939 realizzando il PD3 che così egli stesso descrisse:

*La sua struttura è costituita da una fusoliera di forma molto allungata in traliccio di tubi d'acciaio ricoperto di tela, sormontata verso la parte anteriore da un breve albero sul quale è sistemata una grande elica tripala del diametro di 13 metri. Il PD3 è munito di motore Alfa Romeo 115 da 120 cavalli vapore<sup>9</sup>*

Ovviamente era dotato di rotore di coda in funzione di anticoppia essendo singolo il rotore principale e questo fu un elemento di maggiore distinzione dai progetti precedenti. Ecco come si presentava il PD3:

*Il nuovo elicottero PD3 è del tipo ad una sola elica sostenitrice con compensazione della coppia di reazione ottenuta mediante un'elica ausiliaria coniugata con la stessa elica sostenitrice. È stata scelta questa soluzione tra quelle possibili per le seguenti ragioni:*

*La soluzione delle due eliche coassiali controrotanti oltre a risultare di peso alquanto superiore e di notevole maggior ingombro rispetto a quella della soluzione scelta, impedisce la realizzazione di forti velocità di traslazione: inoltre in queste condizioni di volo si creano delle dannose interferenze fra le due eliche. Il sistema delle due eliche controrotanti disposte lateralmente alla fusoliera ed impiegate dal Guidoni e poi, con successo, da Focke, presenta il grave inconveniente di essere obbligati ad ingombrare aerodinamicamente l'apparecchio in modo notevole con le piramidi in traliccio di tubo per il sostegno delle eliche, ed è molto difficile se non*

<sup>102</sup> La citazione è tratta da S. MARINACCI, *Il volo della Vespa. Corradino D'Ascanio, dal sogno dell'elicottero allo scooter che ha motorizzato l'Italia*, L'Aquila 2006.



*impossibile il riuscire a fare tali sostegni leggeri e aerodinamicamente poco resistenti, data la variabilità della direzione del vento relativo rispetto ai sostegni stessi nei vari assetti di volo dell'apparecchio.*

*Il sistema analogo al precedente con eliche disposte una dietro l'altra all'estremità della fusoliera, pur risultando aerodinamicamente più fine, offre anch'esso un volo di traslazione l'inconveniente fra le eliche. Altri schemi possibili*



non sono apparsi meritevoli di considerazione. La soluzione con una sola elica sostenitrice dà una perdita di potenza tra elica ausiliaria ed effetto coniugato dall'elica principale di un massimo del 10% della potenza spesa, perdita che è largamente compensata dalla leggerezza e più di tutto dall'abolizione d'ingombri aerodinamici nocivi, abolizione tanto più necessaria quanto più è elevata la velocità della macchina<sup>10</sup>.

Potrebbe definirsi la sua creatura più evoluta, questa che nata nel 1939 e messa a punto negli anni successivi, sicuramente avrebbe incontrato vasti consensi e significativi successi, essendo non solo drasticamente rinnovata nella concezione ma anche ottimizzata nella meccanica. Ma nonostante l'indubbia ammirazione e l'ampia risonanza del volo, celebrato dai principali quotidiani e settimanali nazionali, il sostanziale disinteresse delle forze armate, provocò il totale accantonamento del perfezionamento dell'elicottero anche dopo una significativa dimostrazione delle potenzialità dell'elicottero compiuta nel 1943. Il volo ancora una volta fu coronato da successo ma la guerra, che ormai per l'Italia volgeva al suo tragico epilogo, lo privò di qualsiasi seguito, tanto più che il bombardamento su Pisa del 31 agosto dello stesso anno danneggiò seriamente l'apparecchio.

Il successo vanamente perseguito con i suoi elicotteri l'ingegner D'Ascanio lo troverà negli anni immediatamente successivi alla conclusione del conflitto con un'altra sua macchina, un motoscooter di rivoluzionario disegno e di piccola cilindrata e potenza, la mitica 'Vespa'. La sua produzione avviata nel 1946 utilizzando i rottami degli aerei ormai dismessi, si attesterà sui quasi dieci milioni di esemplari, costituendo la prima motorizzazione degli italiani. Il trionfo non attutì però l'amarrezza dell'abbandono dell'elicottero al punto da scrivere nel 1974 al figlio del più noto costruttore di aerei del genere, Sergei Sikorsky, una sorta di testamento che così recitava:

*Ricordando la sua gentile benevolenza sempre dimostratami mi permetto di importunarla più di tutto per dare uno sfogo alla mia continua amarezza prodotta*

<sup>10</sup> Citazione tratta da A. CURAMI, *Lo sviluppo dell'elicottero...*, cit., pp. 375-76.



*dall'osservazione del continuo sviluppo dell'elicottero, sviluppo a cui, per strane maledette fatalità, io son dovuto rimanere sempre disgraziatamente estraneo. Dai primi meravigliosi risultati dei primi voli del mio elicottero del 1930, che ha dato il via al sempre crescente sviluppo di questa magnifica macchina, io mi son dovuto occupare per necessità varie sempre di altro<sup>11</sup>*

Nel 1981 si spense a Pisa.

### *I droni*

Una tipologia di macchine volanti, ma senza pilota, che nelle versioni non militari rientra tra gli aeromobili ad ala rotante sono gli attuali droni, utilizzati nei più svariati impieghi civili, dai reportage matrimoniali, alla sorveglianza antincendio, al controllo degli impianti industriali ad alto rischio. La loro propulsione avviene abitualmente tramite uno o più motori elettrici azionati da una batteria che alimenta pure le camere per la ripresa e gli apparati di trasmissione, sia in ricezione dei radiocomandi che in

<sup>104</sup> La citazione è tratta dalla biografia di Corradino D'Ascanio di I. D'INCECCO, Archivio di Stato di Pescara, *Il genio e la razionalità di Corradino D'Ascanio*, Pescara 2001.

Nella pagina a fianco: in alto, la relazione tecnica di presentazione del PD3 progettato dall'ing. d'Ascanio; in basso, le prove del PD4. In alto: il primo modello di Vespa presentato nel 1946.



trasmissioni delle immagini. Ritenuti apparecchi modernissimi vantano però alle loro spalle un trascorso secolare, essendo comparsi nel corso della Prima guerra mondiale.

Il termine *drone* in inglese indica qualcosa che ronzia, e più in generale lo stesso ronzio, che può perciò riferirsi a un grosso insetto come a un piccolo aeromodello, propulso da un minuscolo e rumoroso motorino a scoppio. E forse fu proprio per questa peculiare connotazione che così vennero denominati, sin dal loro primo apparire, gli aeromobili a pilotaggio remoto, in altre parole radiocomandati e del tutto privi di uomini a bordo, piloti o passeggeri che fossero. Nei più recenti per impieghi militari il controllo automatico del volo è affidato a un computer di bordo che ha memorizzata la rotta per la destinazione programmata e allo stesso tempo, vagliando le indicazioni trasmesse da un gran numero di appositi sensori, relative alle condizioni meteo esterne ed ai parametri di volo, interviene sugli organi meccanici di propulsione e di direzione deputati alla navigazione aerea, in maniera non diversa di quanto un odierno pilota automatico effettua sugli aerei di linea. Ma un controllo remoto, ai quali sia i parametri che le immagini del volo vengono trasmessi, istante per istante può se necessario intervenire sui comandi gestendoli manualmente. Agevole ravvisare i vantaggi di un siffatto velivolo, sia in ambito militare che civile: ai primi possono ascrivere le ricognizioni in territorio ostile, le missioni di spionaggio propriamente dette e, non ultimi i sorvoli offensivi, essendo alcune tipologie di droni debitamente armati. Quanto all'ambito civile ne abbiamo già accennato alcuni impieghi. Di recente ulteriori nuovi impieghi si sono individuati nelle ricerche archeologiche e nelle riprese foto-cinematografiche. Un ventaglio quindi di prestazioni pacifiche, paradossalmente, persino più ampio delle militari, peraltro, in costante ulteriore incremento.

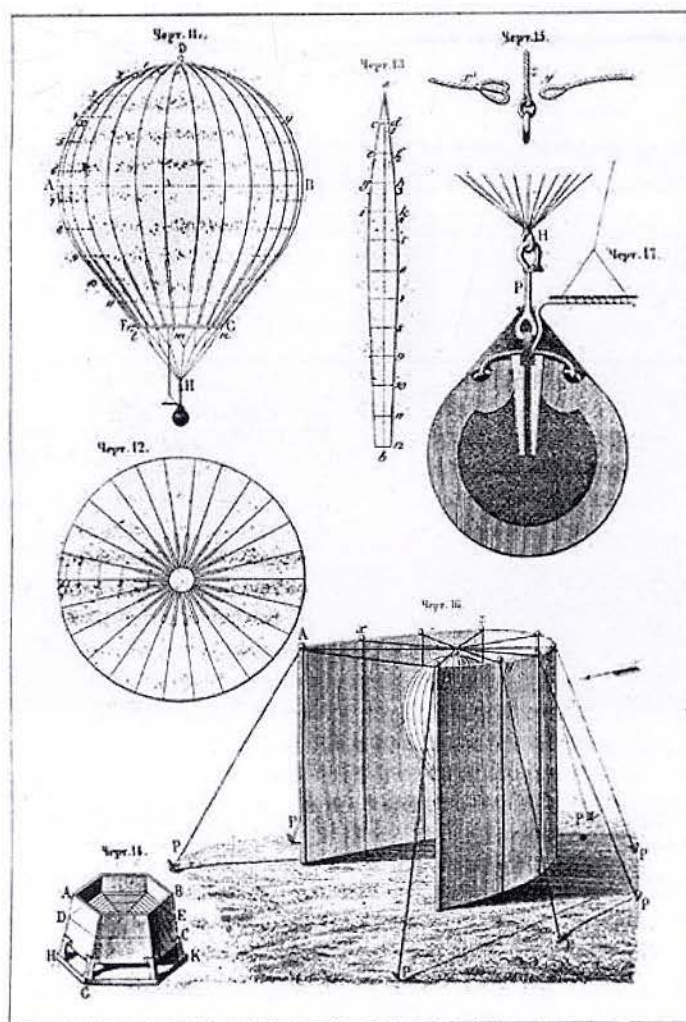
L'installazione di sofisticate telecamere a bordo, docilmente obbedienti ai comandi del pilota a terra, e che per molti aspetti possono considerarsi i suoi occhi, consentono ai droni anche nelle tenebre più assolute e nelle più fitte nebbie di vedere perfettamente, di ingrandire enormemente con le loro sofisticate ottiche quanto inquadrato e di fissarne l'immagine ad alta risoluzione, inducendoci ad accreditargli un recente esordio. La stessa conclusione suggeriscono l'intuibile complessità e la straordinaria portata dei radiocomandi di pilotaggio remoto che, non di rado, operano a distanze di migliaia di chilometri, magari avvalendosi dell'appoggio di appositi satelliti. Macchine perciò di recentissimo criterio informatore e di sempre più avanzata tecnologia: la realtà, invece, almeno per la loro invenzione è ben diversa, essendo stata sviluppata nel cor-

so della Prima Guerra mondiale, suggerita per giunta, incredibile a dirsi, da esperienze concrete sia pure rudimentali, di gran lunga più antiche! Droni furono, ad esempio, i palloni con appese cariche di esplosivo, *ballonbommen*, fatte brillare con dei dispositivi a tempo, utilizzati dagli Austriaci contro la Repubblica di S. Marco a Venezia nel 1848-49, lanciandoli dalla nave *Vulcano*<sup>12</sup>. Tecnica rozza e priva di effettivi riscontri ma che, nonostante ciò, sarà ancora usata nella Seconda Guerra mondiale dai Giapponesi, per inviare dei palloni di carta con piccole cariche

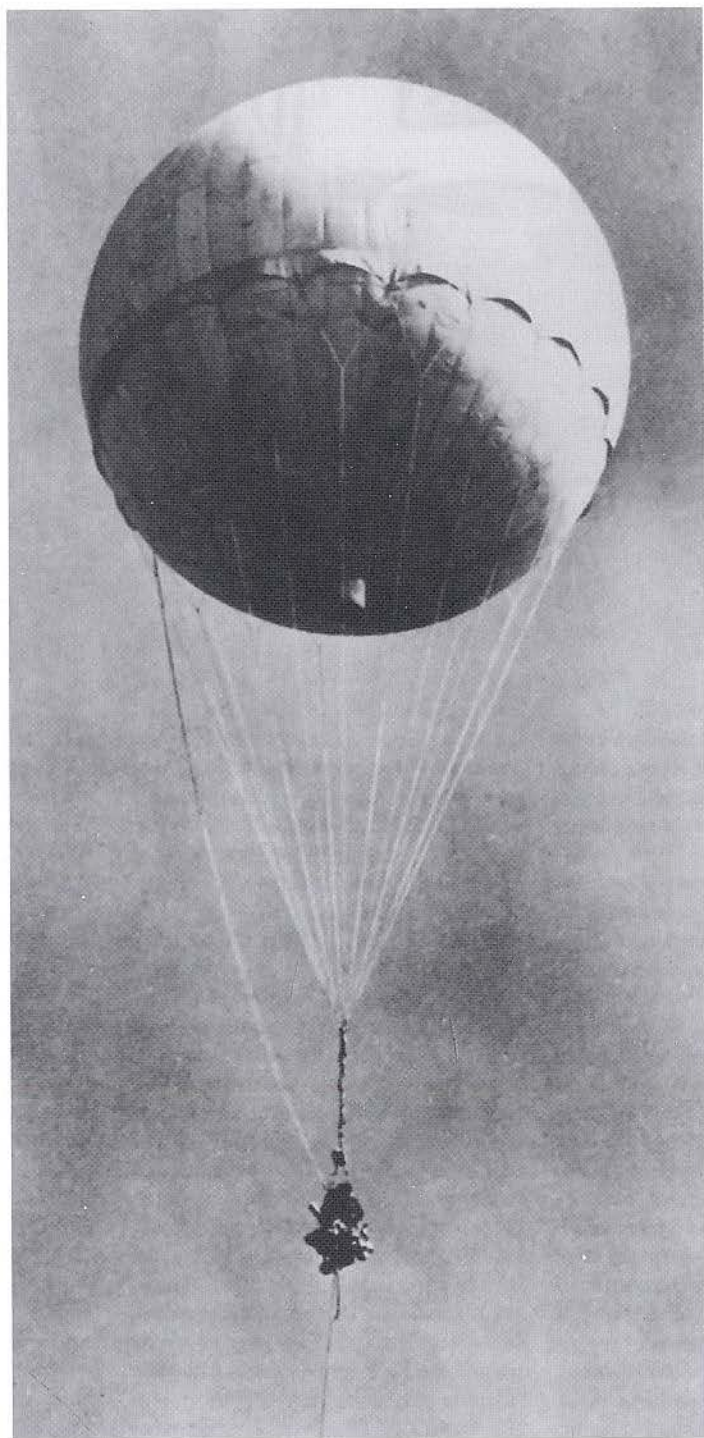
<sup>12</sup> Sulla vicenda cfr. H. KRONBERGER, *Das Österreichische Ballonbuch*, Vienna 1987.

Sotto: disegni tecnici del *ballonbommen* utilizzato dagli austriaci contro Venezia nel 1848-49.

Nella pagina a fianco: a sinistra, uno dei palloni incendiari giapponesi utilizzati durante la Seconda Guerra Mondiale; a destra, i grafici di progetto dell'*Aerial Target* del 1916.





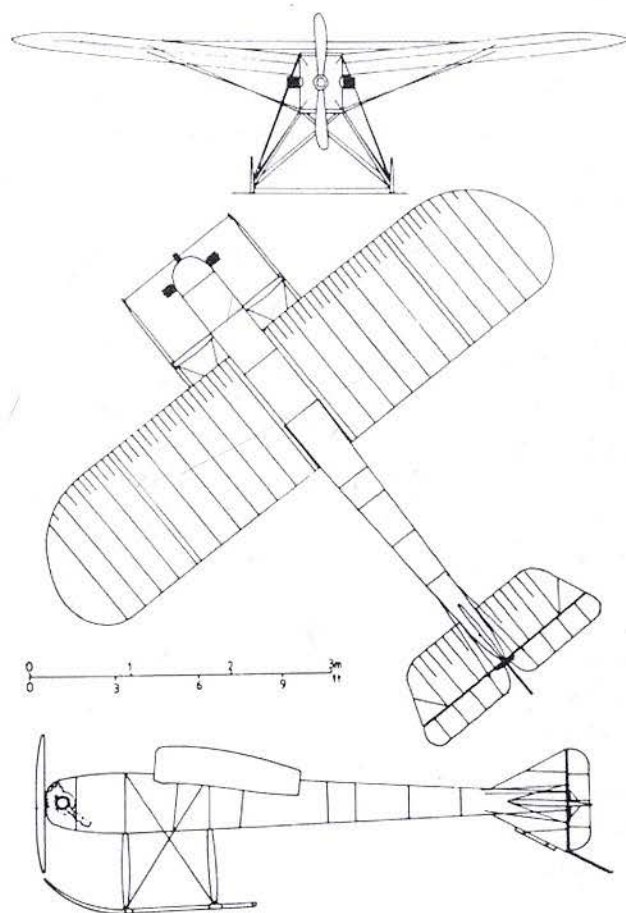


incendiarie, o biologiche, verso le foreste americane,<sup>13</sup> avvalendosi della spinta delle correnti in quota. In entrambi i casi, però, la mancanza di adeguati organi autonomi di

<sup>13</sup> In merito cfr. R. C. Mikesh, *Japan's World War II Balloon Bomb Attacks on North America*, Smithsonian Institution Press 1973.

guida finì per far fallire un gran numero di quegli aerostati bombardieri, quando non addirittura di farli dirigere verso chi li aveva lanciati!

L'idea, nonostante tutto, non era affatto errata, ma soltanto prematura per cui tornò in auge non appena si dispose di efficienti apparecchiature di telerilevamento e di controllo a distanza, ovvero di adeguati trasmettitori radio di posizione, e più ancora di radiocomandi, che divennero disponibili in pratica nel corso della Grande Guerra, e la cui eccezionale potenzialità sarà platealmente dimostrata da Guglielmo Marconi accendendo il 26 marzo del 1930 da bordo della sua *Elettra* con un impulso radio le luci del municipio di Sidney. Impiegando quei primi radiocomandi fu costruito nel 1916 il prototipo di aereo senza pilota battezzato, per meglio custodirne il segreto, *Aerial Target*. Fu la volta, qualche mese dopo, in data 12 settembre dello stesso anno, del secondo l'*Herwitt-Sperry*, più noto però come bomba volante, che con il suo volo di collaudo dimostrò l'affidabilità dell'intera tipologia. La finalità

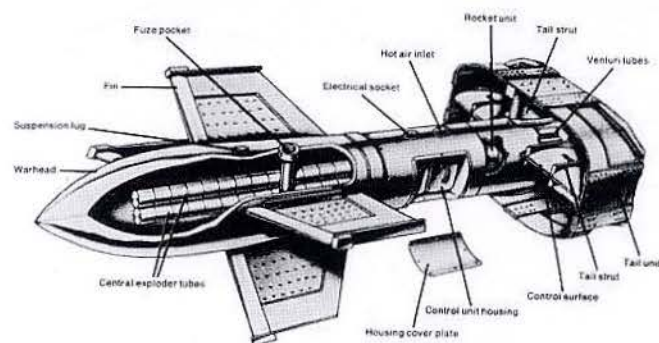
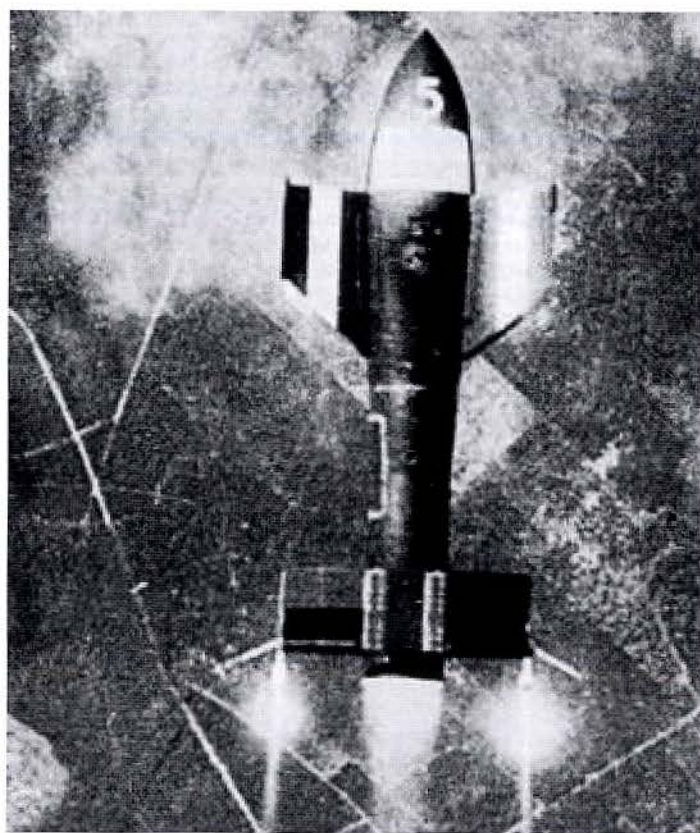


ROYAL AIRCRAFT FACTORY AERIAL TARGET  
890924 Drawing no 149 P. 1/1





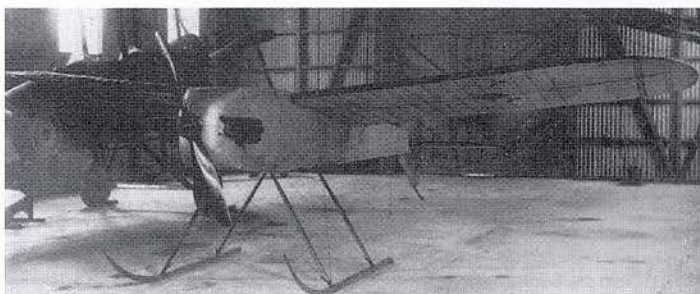
militare che sollecitava quelle costruzioni aeronautiche, e che ormai possedeva gli strumenti per imporsi, mirava a realizzare un piccolo aereo, riempirlo di esplosivo e poi, attraverso i radiocomandi azionati in vista del bersaglio, condurvelo sopra. Un mezzo del genere più che un drone nel senso attuale dell'accezione, era in realtà un proietto radioguidato, una bomba comandata a distanza, che per mancanza di adeguati congegni per la tele-visione, doveva impiegarsi nel ristretto raggio visuale intercorrente tra base di lancio e il bersaglio. Venne pertanto impiegato, e soprattutto immaginato, per la guerra navale, sia perché le navi si combattevano fra loro a vista, sia perché con un'unica potente carica di esplosivo che fosse penetrata nello scafo dall'alto fino ai depositi di carburante o munizioni, se ne poteva determinarne l'affondamento (come infatti avverrà il 9 settembre 1943 quando la corazzata italiana *Roma* fu colpita ed affondata da due esemplari della bomba tedesca radioguidata in planata SD-1400, ribattezzata dagli alleati *Fritz X*<sup>14</sup>. Nei mesi a seguire i progetti di bombe volanti, o di aerei bombe, radiocomandati si susseguirono, superando la prima difficoltà costituita dalle interferenze che i motori rotativi, con il loro rudimentale impianto di accensione, provocavano sulle frequenze di trasmissioni dei radiocomandi. Furono allora realizzati appositi motori di effimera durata, della potenza di appena qualche decina di hp, e si posizionarono gli organi di radioguida all'estremità della coda dell'aereo, in modo da proteggerli meglio dalle interferenze. L'archetipo britannico *Aerial Target* sviluppato tra il 1916-17, suggeriva tra i possibili impieghi, oltre alla guerra navale, la difesa contraerea, ovvero l'intercettazione e la distruzione in volo dei grandi Zeppelin germa-



nici da bombardamento, operando ovviamente mediante controllo a vista da terra, o da un aereo limitrofo. Difficile, però, capire in quest'ultimo caso perché non fosse lo stesso aereo guida ad attaccare direttamente il dirigibile, dai ben noti insignificanti armamento ed estrema vulnerabilità! In ogni caso ne avviò la costruzione un inventore privato, che in breve tempo, resosi conto delle difficoltà connesse col reperimento di idonei organi meccanici, fu costretto a richiedere l'intervento della forza armata regolare. L'apparecchio in costruzione, era un piccolo monoplano ad ala alta, le cui dimensioni erano di 6.7 m di apertura alare, 1.8 m di altezza per 227 kg di peso. A farlo volare provvedeva un motore bicilindrico raffreddato ad

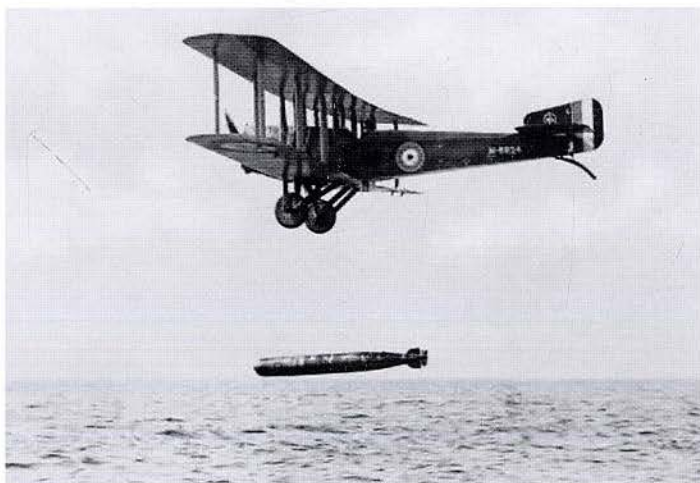
<sup>14</sup> Sulla tragica vicenda cfr. A. AMICI, *Una tragedia italiana 1943-L'affondamento della corazzata Roma*, Milano 2010.





aria da 35 hp, mentre una antenna radio, disposta lungo l'intera fusoliera lateralmente, e sotto le ali garantiva la ricezione dei radiocomandi. Ne vennero costruiti sei esemplari siglati A 8957, 58, 59, 60, 61, 62 ed il loro primo volo avvenne il 6 luglio 1917: l'esito si dimostrò negativo, precipitando il prototipo prima che il radio controllo potesse entrare in azione! Il 25 luglio si procedette ad un secondo lancio, ma anche in questo caso l'esito fu negativo, in quanto l'apparecchio non riuscì a decollare. Tre giorni dopo il terzo tentativo, ugualmente fallito: sebbene fossero state apportate delle modifiche ai piani di coda fu il motore a venir meno. A questo punto il progetto pur non finendo abbandonato fu rinviato, e tornerà a esser preso in considerazione intorno al 1920. Quasi contemporaneo un secondo drone analogo, realizzato dai fratelli Elmer e Lawrence Sperry, rinomati inventori aeronautici, ai quali si doveva un dispositivo giroscopico per la stabilizzazione degli aerei in volo in maniera automatica, in seguito più conosciuto come pilota automatico<sup>15</sup>. Proprio utilizzando quel giroscopio, ovviamente adattato al governo totale di

<sup>15</sup> Per approfondimenti in merito cfr. W. SHECK, *Lawrence Sperry Autopilota Inventor e Aviation Innovator*, ristampa del novembre 2004 articolo in *Aviation History Magazine*, on line.



un sia pur piccolo aeroplano, costruirono quello che definirono *Aerial Torpedo*, o siluro aereo. Il brevetto relativo, richiesto lo stesso anno, indicava tra gli organi di guida un paio di giroscopi, uno stabilizzatore per l'assetto dell'apparecchio ed un altro per la sua guida automatica secondo una rotta prestabilita; un barometro che indicasse l'esatta quota di volo e un dispositivo che stabilisse in base alla durata del funzionamento del motore, il momento in cui iniziare la caduta sul bersaglio. (È interessante notare che un dispositivo del genere, un vero odometro aereo mosso da una piccola elica posta sull'ogiva dell'arma fu adottato per provocare la caduta delle V1 dopo una prestabilita percorrenza) I due fratelli, convinti gli organi tecnici militari, ricevettero dalla US Navy ben 200.000 dollari per avviare la costruzione del loro apparecchio, che nel 1917 venne effettivamente consegnato. Spinto dal suo motore bicilindrico, il 6 marzo 1918 si alzò in volo, obbedendo docilmente ai radiocomandi. Le ulteriori prove, però, non ebbero esiti altrettanto felici, per cui quel prototipo finì abbandonato. Un terzo prototipo ricordato col nome di *The Bug* fu realizzato nel 1918, ma rivelatosi in fase di collaudo anche questo alquanto incerto, suggerì l'unificazione dei progetti in materia della marina con quelli dell'esercito, per superare una volta per tutte quelle deficienze. La fine della guerra pose termine alle prove e in sostanza all'interesse per quegli antesignani droni.

Nella pagina a fianco: a sinistra, un Herwitt-Sperry in fase di rullaggio; a destra, una bomba SD-1400.

In questa pagina: in alto a sinistra, un Aerial Target A8957; a fianco, uno dei modelli di Aerial Torpedo realizzati dai fratelli Sperry; in alto a destra, Lawrence Sperry mostra uno giroscopio, strumento adottato nello sviluppo degli organi di guida dei velivoli della US Navy.







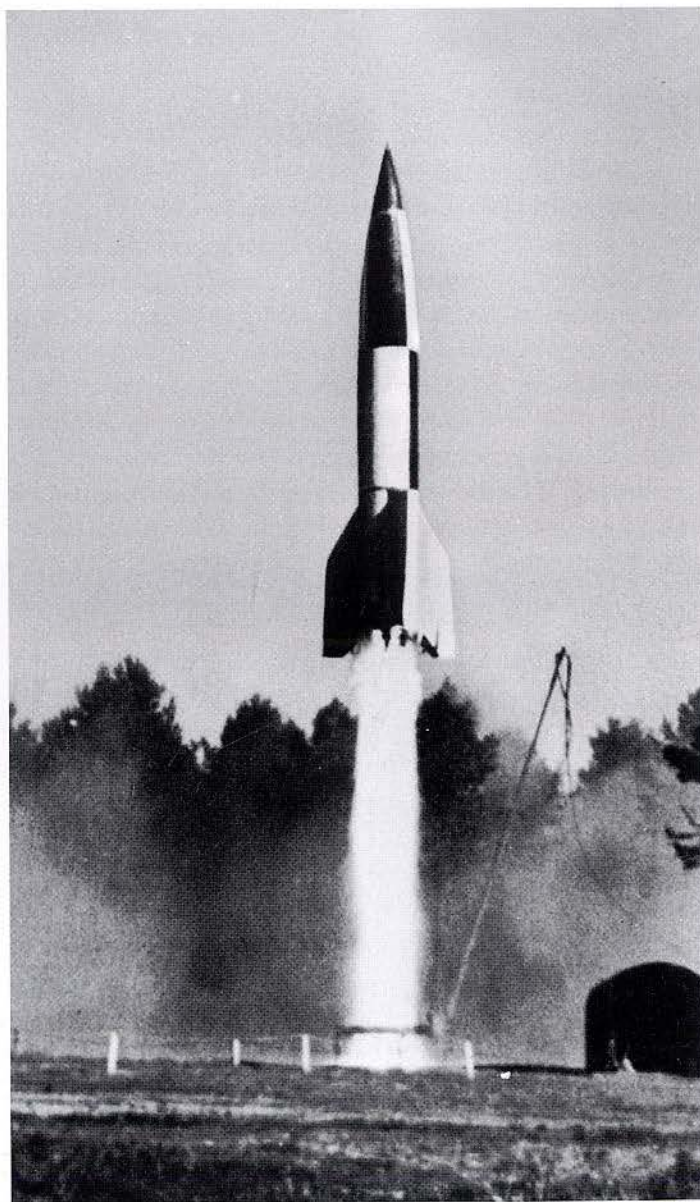
## EPILOGO SULLA LUNA

### *Dai razzi ai missili*

In prima approssimazione razzo e missile balistico sembrano non differire gran che, tanto più che i propulsori dei missili sono dei razzi. In pratica, però, le diversità sono molteplici e significative, prima fra tutte quella relative alla traiettoria che mentre nei primi risponde soltanto alla spinta del propellente, più o meno stabilizzata da adeguati governali, nel missile invece obbedisce alle leggi della balistica, trasformandolo perciò in un proietto autopropulso. I razzi, come ricordato in precedenza, hanno alle loro spalle una lunga evoluzione storica che forse ha i suoi prodromi addirittura in età classica. Non così i missili, il cui archetipo sicuramente funzionante fu il tedesco *Aggregat 4*, più tristemente celebre come V2 utilizzato in oltre 3.000 esemplari per bombardare Londra<sup>1</sup>.

A progettarlo, tra gli anni '30-'40 fu lo scienziato tedesco Wernher von Braun (1912-1977), sotto la direzione del generale Walter Dornberger (1895-1980), presso il grande centro di ricerche insediato nei pressi di Peenemünde ed istituito nel 1937. Il generale era rimasto impressionato dalla prova di un vettore progettato e costruito da von Braun, intuendo così le eccezionali capacità del giovane scienziato, tanto da convincerlo ad entrare in qualche modo nel gruppo di ricercatori dell'esercito dove gli sarebbe stato consentito di continuare con ben altri mezzi le sue ricerche. Von Braun accettò l'offerta e dal 1936 si concentrò sulla costruzione di un grande missile, per l'epoca, capace di una gittata di oltre 200 km: l'A4. Però, stando alle sue memorie il vero obiettivo che perseguiva era costruire un gigantesco missile per poter raggiungere la Luna.

<sup>1</sup> Sulla vicenda dell'A4 dal progetto all'impiego cfr. D. IRVING, *Le armi segrete del Terzo Reich*, Verona 1968, pp.251-419.



Sopra: missile V2 nazista





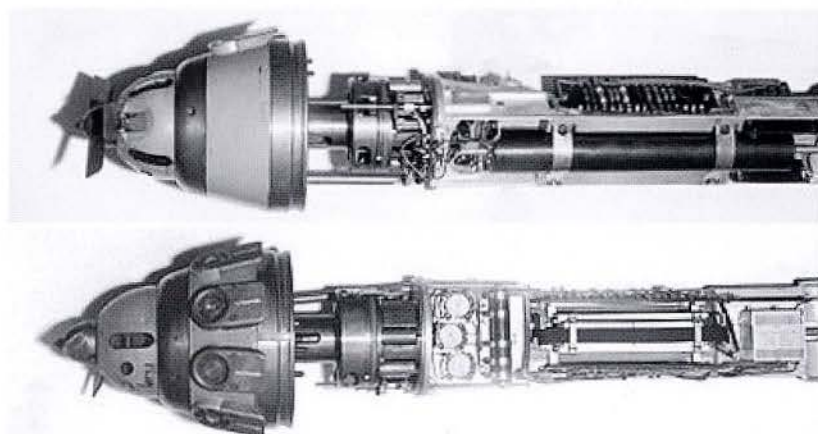
Importantissime le conoscenze tecniche scaturite sia nella tecnologia militare, sia nella civile: al riguardo basti ricordare l'impianto televisivo a circuito chiuso che controllava alcune rampe di lancio, il primo del genere al mondo. A Peenemunde furono portati avanti il progetto della bomba volante, *Fieseler Fi 103*, più nota come V1, da parte dell'aviazione, e quello dell'A4, da parte dell'esercito. Entrambe le armi trasportavano una carica di esplosivo di circa una tonnellata, ma ben diversi erano gli effetti delle rispettive esplosioni per le diversissime velocità d'impatto. Diversa pure la percezione psicologica: per l'aviazione una bomba da una tonnellata non era qualcosa di eclatante, non così per l'esercito un proiettile di uguale peso! E questo spiega a sufficienza la ragione che spinse a produrre un missile che costava quanto un grosso bombardiere a discapito della V1 che ne costava appena il 4%, differenza talmente ingiustificata da far ipotizzare che quei missili fossero immaginati per l'eventuale trasporto di ordigni nucleari!<sup>2</sup>

Il primo A4 si alzò in volo nel marzo del 1942, per ricadere in mare dopo aver percorso appena 1.5 km; il secondo lancio andò un po' meglio la ricaduta avvenne soltanto dopo un'ascesa fino a circa 11 km. Fu al terzo lancio, il 3 ottobre 1942, che il missile si comportò perfettamente, cadendo a 193 km dalla piattaforma di lancio, avendo toc-

cato la quota massima di 80 km. L'impressione suscitata dalla visione di quel lancio fu tale che se ne ordinò l'immediata produzione seriale, che tuttavia potette avviarsi soltanto nel '43 permanendo anche allora alcune deficienze tecniche non perfettamente risolte. Il segreto gelosamente custodito, fu compromesso proprio dalla sequenza di lanci tesi a eliminare quei difetti. Quando alla fine gli inglesi compresero l'esatta

natura dell'arma effettuarono un pesantissimo bombardamento su Peenemunde, che inflisse al progetto ulteriori ritardi. Trasferita la produzione in profonde gallerie si riuscì nel settembre del '44 ad avviare i lanci su Londra, ma ormai per le sorti della guerra era già troppo tardi.

Se la vicenda bellica della Germania nel giugno del '45 si concluse, non altrettanto avvenne per il suo missile A4. Alcune centinaia di esemplari erano stati infatti prelevati sia dagli americani che dai russi. Dal loro studio presero l'avvio i rispettivi programmi missilistici e la gara per la conquista dello spazio. I loro prototipi realizzati nel decennio successivo alla fine della guerra, altro non furono che delle V2 appena modificate, alcuni adattati al trasporto delle testate nucleari altri a porre in orbita dei satelliti artificiali. Tali furono ad esempio il missile statunitense Redstone I, e quello sovietico R-1.



<sup>2</sup> Per approfondimenti cfr. T. DUNGAN, *V-2: A Combat History of the First Ballistic Missile*, Westholme 2005.

Sopra: riproduzione grafica di una V1 in volo.

A fianco: parte anteriore e di lato del dispositivo montato su alcune versioni della V1.



Quanto a Von Braun il suo colossale razzo *Saturn V* costruito dalla NASA portò finalmente l'uomo sulla Luna il 16 luglio del 1969<sup>3</sup>.

### *Il motore nucleare*

Il viaggio verso la Luna mise tra l'altro in evidenza l'impossibilità di andare realmente nello spazio con mezzi del genere per la assoluta inadeguatezza della loro propulsione. Si prospettò pertanto il ricorso a forme energetiche di gran lunga maggiori, più durature e meno ingombranti, sostanzialmente simili all'energia nucleare che aveva iniziato a muovere sottomarini e grandi portaerei, tanto più che qualcosa del genere sia pure rozzamente già era stato realizzato. A stimolarne, infatti, l'impiego anche nella propulsione aerea fu l'instaurarsi della cosiddetta guerra fredda non combattuta apertamente, ma non per questo meno dilaniante. Il rischio di un suo esplodere divenne massimo quando entrambe le superpotenze ebbero in abbondanza ordigni nucleari di enorme potenza distruttiva, che l'imprecisione dei missili vettori esistenti contribuiva a far accrescere, nella speranza di colpire così un prestabilito bersaglio. Per esiti migliori si continuò ad affidarsi ai tradizionali bombardieri, che alla fine del conflitto avevano raggiunto un ragguardevole livello di prestazioni, per autonomia e carico utile (si fa per dire).

Il limite, però, stava proprio nella peculiarità intrinseca della guerra fredda che non essendo un conflitto esplicito, cioè dichiarato, né combattuto, ma soltanto latente ed incombenente poteva in qualsiasi istante trasformarsi in effettivo per cui gli strumenti di ritorsione, in nessun caso avrebbero dovuto farsi trovare impreparati, nella fattispecie a terra. Anche un ritardo di pochi minuti,

avrebbe potuto significare la distruzione nel caso di un nemico pronto a sferrare il primo terribile colpo. Una sorta di Pearl Harbor gigantesca, consentita dalle potenzialità strategiche dei bombardieri e dei vettori e dalle potenzialità distruttive dell'energia nucleare. Unico deterrente mostrarsi sempre pronti a colpire, senza tempi di reazione per brevi che potessero essere, in pratica una simmetrica forza distruttiva non intercettabile e neppure individuabile con certezza. Il che significò mantenere in navigazione perenne unità di superficie e, soprattutto, subacquee armate di missili a testata nucleare e aerei sempre in volo con nei vani bombe gli ordigni nucleari. Nel corso della guerra si erano sperimentate proprio per incrementare l'autonomia di volo, ovvero il raggio operativo, dapprima dei serbatoi supplementari e quindi il rifornimento in volo, soluzioni che nell'inedita esigenza, costituivano soltanto un insignificante palliativo al problema. La soluzione sarebbe stata una sorta di analogo aereo del sommergibile nucleare, un'unità cioè capace di volare senza limiti di tempo con le sue sole riserve energetiche. E si pensò, appunto, al motore nucleare<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Techne. Il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica*, Età Contemporanea, tomo III (1946-2016), Nola 2016, pp. 90-99.

Sotto e nelle due pagine seguenti: *un Convair B-36 Peacemaker in volo*



<sup>3</sup> Cfr. D. S. AKENS, *Saturn illustrated chronology. Saturn's first eleven years april 1957 through april 1968*, NASA 20 gennaio 1971.





Trattandosi di un aereo la sua prima caratteristica doveva essere il peso, molto contenuto, pur nei limiti che la sicurezza nucleare imponeva e la necessità di lasciare una riserva di portanza al carico utile obbligava. La soluzione alla fine fu trovata, intorno agli inizi degli anni '50, utilizzando un reattore nucleare che tramite uno scambiatore di calore a metallo liquido, portava ad altissima temperatura l'aria nelle camere di combustione dei reattori determinandone il getto posteriore ad alta velocità. In pratica lo scambiatore di calore fungeva da sorgente termica, una variante della combustione degli idrocarburi.

I vantaggi sulla carta erano notevoli e non limitati alla sola autonomia. L'aereo, ad esempio, pesava sempre lo stesso sia al decollo che all'atterraggio dopo qualsiasi volo per lungo che fosse stato. Non occorre alle basi dove avesse voluto fare scalo depositi di combustibile, né risultava sensibile agli incendi. Vi erano, per contro, problemi del tutto inesplorati che giovava tener presenti:

il suo equipaggio doveva essere protetto dalle radiazioni che, in misura maggiore o minore, erano emesse dal reattore proprio per la sua relativa leggerezza. In caso d'incidente l'area contaminata stabilmente, sarebbe risultata enorme e anche a fine ciclo di utilizzo quegli apparecchi avrebbero posto seri problemi di demolizione. La situazione geostrategica, tuttavia, portò ad ignorare quelle gravissime conseguenze e il progetto passò dalla fase teorica alla sperimentazione pratica. Il modello di bombardiere prescelto per la motorizzazione nucleare fu il *Convair 36*: nella stiva centrale di un paio di esemplari fu montato il reattore nucleare con tutti i collegamenti con i motori. Una schermatura di piombo di circa 5 tonnellate isolava il vano reattore da quello dei piloti che poteva controllare quella particolarissima motrice attraverso un circuito televisivo interno. Il peso della macchina raggiungeva la decina di tonnellate, che in qualche modo equivalevano a quello del carburante abituale al decollo.



I voli iniziarono nel 1955 e proseguirono per due anni, durante i quali si ebbero 47 missioni ma non si usò mai il reattore nucleare. Si sa in maniera confusa che anche i Sovietici effettuarono prove simili con un Tupolev Tu-95 debitamente modificato, che divenne perciò il Tu-119. La grande difficoltà di schermare le radiazioni, e gli immani rischi valsero alla fine a far sospendere quelle demenziali realizzazioni: quanto fossero gravi lo conferma la scelta di rotte sempre lontane dai centri abitati e la scorta in ogni volo, di un similare modello ma tradizionale, con a bordo una speciale squadra, destinata ad intervenire immediatamente a delimitare la zona e ad isolarla nel caso di caduta del prototipo.

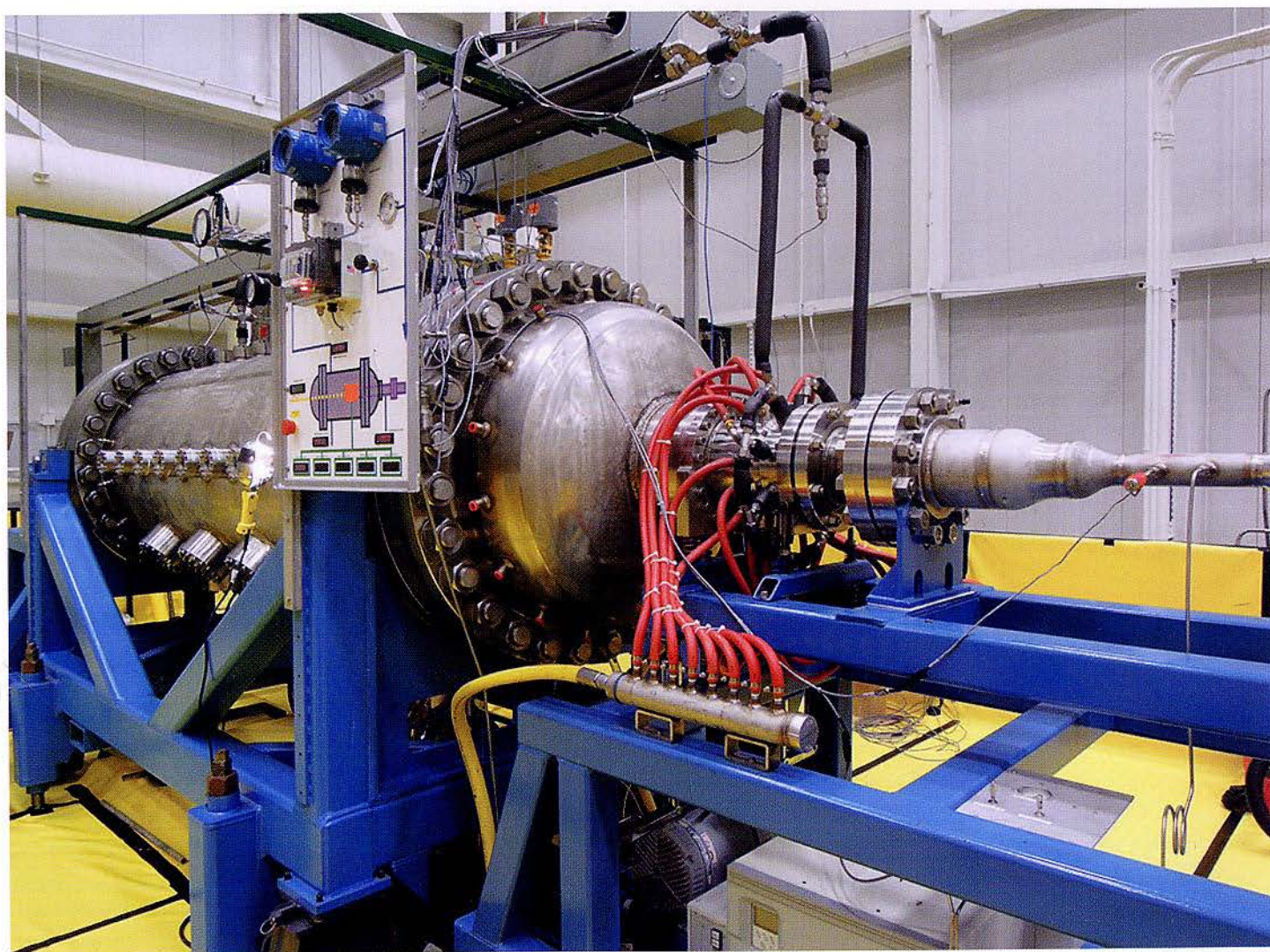
Incidenti fortunatamente non se ne ebbero mai, nonostante ciò, o per il migliorare della situazione internazionale, o, ed è molto più probabile, per il migliorare della precisione dei vettori, si pensò bene di fare a meno di quei

pericolosissimi bombardieri, contraddistinti dall'emblema nucleare, un cerchio giallo con tre spicchi neri dipinto sul timone verticale. Vennero radiati e smantellati e le parti radioattive sepolte nel deserto.

Da quel momento la sola energia nucleare in volo fu quella a bordo dei satelliti per la loro alimentazione, e come testate nei normali bombardieri.

Nella pagina a fianco: un Tupolev Tu-95 in volo.

Sotto: la NASA continua a studiare l'uso di un motore nucleare termico per Marte (NTP, Nuclear Thermal Propulsion).









# BIBLIOGRAFIA

- D. S. AKENS, *Saturn illustred chronology. Saturn's first eleven years april 1957through april 1968*, NASA 20 gennaio 1971.
- A. AMICI, *Una tragedia italiana 1943-L'affondamento della corazzata Roma*, Milano 2010.
- ANONIMO, *Il Romanzo di Alessandro*, a cura di R. STONE-MAN e T. GARGIULO, Cles TN 2012.
- ARISTOTELE, *Problemata*.
- ATTI DEGLI APOSTOLI.
- C. AUGIAS, *la Repubblica* 2 luglio 2000.
- AULO GELLIO, *Le notti attiche*, a cura di L. RUSCA, Milano 1969.
- R. BAUDILLE, *Storia del Motore a Combustione Interna*, Università degli Studi di Roma 'Tor Vergata, Ingegneria Meccanica, pubblicazione 03.06.2003.
- E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie*, Milano 1919.
- S. CALABRÒ, *La passione dell'invenzione. Enrico Forlanini, ingegnere e aeronauta*, Milano 2004.
- A. CHIUSANO, M. SAPORITI, *Palloni, dirigibili ed aerei del Regio Esercito 1884-1923*, Roma, 1998.
- A. CODEGONI, *Il futuro ci riserva il ritorno dei dirigibili?*, in *Qualenergia.it* 20 aprile 2015.
- S. CREMANTE, *Leonardo da Vinci*, Milano 2005.
- A. CURAMI, *Lo sviluppo dell'elicottero In Italia*, in *Storia della Meccanica* a cura di V. CANTONI, V. MARCHIS, E. ROVIDA, Milano, 2014.
- I. D'INCECCO, Archivio di Stato di Pescara, *Il genio e la razionalità di Corradino D'ascanio*, Pescara 2001.
- C. DEL GRANDE, *Archita e i suoi tempi*, Taranto 1955.
- G. DELLA PORTA, *Magiae Naturalis*, edizione 1619.
- T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968.
- G. DICORATO (a cura di), *Storia dell'aviazione*, Milano 1975.
- T. DUNGAN, *V-2: A Combat History of the First Ballistic Missile*, Westholme 2005.
- ERONE DI ALESSANDRIA, *Pneumatica*, nella traduzione dal greco di BENNET WOODCROFT, London 1851.
- J. EVELYN, *Diario e Corrispondenza di John Evelyn*, 1818.
- G. FERRARI, *Motori a combustione interna*, Bologna 2016.
- L. FIGUIER, *Les Merveilles de la science ou description des inventions modernes*, Paris 1867-69.
- E. FORLANINI, *Relazione di alcuni studi sperimentali d'aeronautica*, custodita presso l'ISTITUTO LOMBARDO di Milano.
- R. C. GARBERI *L'evoluzione della tecnologia dell'ala rotante e il contributo di Agusta Westland*, in *Storia della Meccanica* a cura di V. CANTONI, V. MARCHIS, E. ROVIDA, Milano, 2014.
- V. GAVINO, *L'autogiro e le sue applicazioni*, in *SAPERE*, anno II, vol. IV n° 44, 31 ottobre 1936.
- M. GELARDINI, *"Entro 10 anni si volerà a batterie": Il sogno di Wright One, diventare aereo elettrico di linea*, in *L'Espresso* 17 aprile 2017.
- E. GIBBON, *Storia della decadenza e caduto dell'impero romano*, trad. G. Frizzi, ed. Torino 1967.
- B. GILLE, *Storie delle tecniche*, Roma 1985.
- J. GRADENIGO, *Nuova raccolta di opuscoli scientifici e filologici*, Venezia 1784.
- C. HUYGENS, *La macchina a polvere da sparo*, citazione tratta da F. KLEMM, *Storia della tecnica*, Milano 1959.
- D. IRVING, *Le armi segrete del Terzo Reich*, Verona 1968.
- W.H. ISBEL, *The Prehistoric Ground Drawings of Peru*, in *Phoyographie und Forshun. The Context in the Service of Science*, 1978.



- F. LANA DE' TERZI, *Prodromo ovvero Saggio di alcune invenzioni nuove premesso all'arte maestra... per mostrare li più reconditi principi della naturale filosofia*, Brescia 1670.
- LEONARDO DA VINCI, *Codice Atlantico*.
- P. LISSARAGUE, *Clément Ader, inventeur d'avions*, Tolosa 1990.
- L. LOPES, *Siemens sviluppa motori elettrici per aerei*, in *Electric motor news*, 9 giugno 2015.
- P. MAGIONAMI, *Quei temerari sulle macchine volanti*, Milano 2010, 196-99.
- W. DI MALMESBURY, *Gesta regum Anglorum*, R. M. THOMSON e M. WINTERBOTTOM, 2 vol., Oxford Medieval Texts, 1998.
- MARCHUS GRAECUS, *Liber ignium*, Testo latino e traduzione in lingua italiana a cura di Edoardo Miri.
- S. MARINACCI, *Il volo della Vespa. Corradino D'Ascanio, dal sogno dell'elicottero allo scooter che ha motorizzato l'Italia*, L'Aquila 2006.
- M. MAJRANI, *Aerostati-Veloci come il vento, leggeri più dell'aria*, 1999.
- F. MATHIAS, *L'Avion III de Clément Ader*, Musée des Art et Métiers, 2003.
- R. C. MIKESH, *Japan's World War II Balloon Bomb Attacks on North America*, Smithsonian Institution Press 1973.
- A. NEPI, *Storia e dati salienti sul Motore a scoppio*, in Trento Blog, 8.10 2016.
- H. J. NOWARRA, *Die Deutsche Luftfahrt 1933-1945*, Koblenz, 1993.
- A. OLIVIERI, *Su Archita tarantino*, memoria letta all'Accademia Pontaniana il 14 giugno 1914.
- OVIDIO, *Metamorfosi*.
- D. PAPIN, *La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi*, Parigi 1680.
- D. PAPIN, *A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying: with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford*, Londra 1681.
- F. RAMPINI, *Quando la flotta imperiale si fermò alle porte d'Europa*, in la Repubblica, 21 agosto 2005.
- A. RAO, *Le 'Ferrari' del Cielo e gli Assi. Breve storia della Coppa Schneider*, in Leonardo. It.
- C. RENARD relazione pubblicata in *The Practical Engineer*, vol. IX, numero 371, 6 aprile 1894.
- E. RICCI, *Il segreto della propulsione a reazione*, Milano 1945.
- C. ROSSI, F. RUSSO, *Ancient Engineers' Inventions. Precursors of the Present*, second edition, Switzerland 2017.
- F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*, Napoli 2008.
- F. RUSSO, *20.000 anni sotto i mari*, Roma 2017.
- F. RUSSO, F. RUSSO, *Techne, il ruolo trainante della cultura militare*, Rivista Militare, Roma 2009-2016.
- F. RUSSO, *Riflessi incendiari, cannone a vapore*, in MEDIO-EVO 158.
- F. RUSSO, *Una minacciosa tecnologia carpita al passato*, in Rivista Aeronautica 2/2009.
- F. DE SAINT FOND, *Description des expériences de la machine aérostatique de MM. De Montgolfier*, Paris 1783.
- G. SCHMITT, *Junkers und seine Flugzeuge*, Berlino 1986.
- P. SCOTT, *Le spalle dei giganti: una storia del volo umano fino al 1919*, 1995.
- W. SHECK, *Lawrence Sperry Autopilota Inventor e Aviation Innovator*, ristampa del novembre 2004 articolo in *Aviation History Magazine*, on line.
- H. SMITH, *Una storia di motori a pistoncini per aerei*, Sunflower University Press, 1986.
- A. SOLDANO, *Giuseppe Mario Bellanca e i pionieri sulle macchine volanti*, Roma 2013.
- P. P. TARABUSI, *36 Metri che divennero storia*, pubblicazione dell'Aero Club di Modena 23 gennaio 2004.
- A. TAGLIENTE, *La colomba di Archita*, Taranto 2011.
- G. TISSANDIER, *Histoire des Ballons et des Aëronautes célèbres*, Paris 1887-1890.
- TITO LIVIO, *Ab urbe condita*.
- D. D. TODERICIU, *Preistoria Rachetei Moderne. Manuscrisul de la Sibiu 1529-1569*, Bucarest 1969.
- F. TORTORA, *In volo sulle Alpi, con l'aereo elettrico*, in *Corriere della Sera*, 3 gennaio 2008.
- R. VALTURIO, *De re militari*, 1446-1455, copia conservata presso l'Archivio Storico Amma.
- F. VERANZIO, *Machinae novae*, Venetiis 1616.
- L. T. WHITE jr, *Eilmer di Malmesbury, un Aviatore dell'undicesimo secolo: uno studio di casi di innovazione tecnologica, il suo contesto e la tradizione*, in *Tecnologia e cultura* II, 1961.
- G. WILLIAMSON, *U-boat Tactics in World War II*, Oxford 2010.
- O. WRIGHT, *Diario*, 17 dicembre 1903.
- O. WRIGHT, *Il Flyer*.



# NOTA BIOGRAFICA

FLAVIO RUSSO, nato a Torre del Greco nel '47 dove, pochi anni dopo l'ultimazione dei suoi studi, liceo classico e ingegneria, si è dedicato alla ricerca storica nel settore dell'architettura militare e, più in generale, della storia militare con particolare riferimento alla relativa tecnologia.

Per oltre un decennio membro del Consiglio Scientifico dell'Istituto Italiano dei Castelli e del Comitato Nazionale per lo Studio delle Architetture Fortificate del Ministero dei B.C., ha ricoperto anche l'incarico di assessore tecnico alla cultura della città di Torre del Greco, realizzandovi la Biblioteca Comunale.

Ha tenuto vari cicli di seminari presso l'Università del Molise, facoltà Beni Culturali, di Napoli Federico II, facoltà di Ingegneria, e di Salerno facoltà di Giurisprudenza, nonché varie conferenze alla Scuola di Guerra di Civitavecchia ed all'Accademia di Modena.

Ha collaborato per oltre 25 anni con l'Ufficio Storico dello Stato Maggiore dell'Esercito e collabora attualmente con l'Ufficio Storico dello Stato Maggiore della Difesa, nonché sistematicamente con numerose riviste nazionali di storia e di archeologia, con rubriche mensili.

Ha curato la realizzazione di un CD destinato alla valorizzazione dell'Istituto Storico e di Cultura dell'Arma del Genio a Roma, e fatto costruire su suo progetto esecutivo, per la Soprintendenza del Molise alcuni modelli in grandezza naturale e funzionanti, di artiglierie romane e di una ruota idraulica, esposti presso l'area archeologica di Saepinum. Analogamente per il Museo delle Alpi, nel forte di Bard ha fatto costruire una catapulte romana ed un trabucco medievale, e per la torre di Telese Terme una cheiromballista d'età imperiale. Già Ispettore Onorario del Ministero per i Beni Culturali, è attualmente giornalista pubblicista.

Autore di numerose pubblicazioni, ha realizzato svariati volumi, tra i quali:

*La difesa costiera del Regno di Napoli dal XVI al XIX secolo*, Roma, 1989.

*Dai sanniti all'Esercito Italiano: la regione fortificata del Matese*, Roma 1991.

*La difesa costiera del Regno di Sardegna dal XVI al XIX secolo*, Roma 1992.

*Festung Europa*, 6 giugno 1944, Roma 1994, (coautore).

*La difesa costiera del Regno di Sicilia dal XVI al XIX secolo*, Roma 1994.

*La difesa delegata*, Roma 1995.

*Guerra di Corsica*, Roma 1996.

*La difesa costiera dello Stato Pontificio dal XVI al XIX secolo*, Roma 1999.

*La difesa dell'arco alpino*, Roma 1999, (coautore).

*Trenta secoli di fortificazioni in Campania*, Piedimonte Matese 1999.

*Ingegno e paura Trenta secoli di Fortificazioni in Italia*, Roma 2006.

*Parole e Pensieri*, Roma 2001, (coautore).

*La difesa costiera dello Stato dei Presidi*, Roma 2002.

*Tormenta, venti secoli di artiglierie meccaniche*, Roma 2002.

*L'artiglieria delle Legioni*, Poligrafico dello Stato, Roma 2004.

*89 d.C. Assedio a Pompei. La dinamica e le tecnologie belliche della conquista sillana di Pompei*, Pompei 2005, (coautore).

*Indagine sulle Forche Caudine. Immutabilità dei principi dell'arte militare*, Roma 2006, (coautore).

*Tormenta Navalia*, Rivista Marittima, Roma 2007, (coautore).

*I Fuoristrada, dal carro sumero alla Jeep Willys*, Roma 2008, (coautore).

*Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*, Napoli 2009.

*Ancient Engineers' Inventions. Precursors of the Present*, New York, 2009.

*Techne, il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica, Età Classica, Età Medievale, Età Rinascimentale, Età Moderna, Età Contemporanea*, Roma 2009-2013, (coautore).

*79 d.C. Rotta su Pompei. La prima operazione di protezione civile*, Roma 2014, (coautore).

*Fiori della pietraia. Invenzioni e sviluppo delle tecnologie durante la Grande Guerra*, Roma 2015.

*Ventimila anni sotto i mari. L'epopea dell'uomo nel continente azzurro*, Roma 2017.







# INDICE

<i>Presentazione</i>	5
 <b>TRACCE STORICHE</b>	
<i>Premessa</i>	9
 <b>VOLO LIBRATO</b>	
<b>CAPITOLO PRIMO</b>	
<i>Vento e muscoli</i>	23
<i>Cervo volante</i>	24
<i>Ali posticce</i>	39
 <b>PIÙ LEGGERI DELL'ARIA</b>	
<b>CAPITOLO SECONDO</b>	
<i>Aria calda</i>	45
<i>Geoglifici di Nazca</i>	48
<i>Mongolfiera</i>	50
<i>Chiocciola ed elica</i>	56
<i>Gira l'elica</i>	60
<i>L'idrogeno sostituisce l'aria calda</i>	61
<i>Dirigibile a vapore</i>	62
<i>Il dirigibile diviene tale realmente</i>	63
<i>Fine del dirigibile a idrogeno</i>	65
<i>Il paracadute</i>	69
<i>I nuovi dirigibili elettrici</i>	72



## PIÙ PESANTI DELL'ARIA

### CAPITOLO TERZO

*I motori per il volo* 77

#### MOTORE ELETTRICO

*I nuovi motori elettrici per aviazione* 78

*L'aereo a motore elettrico* 81

#### MOTORE A VAPORE

*Motore a combustione esterna* 82

*La palla a vento* 86

*La genesi del motore a vapore* 88

*La pressione del vapore contro la fame* 90

*Il motore a vapore* 92

*L'aereo a vapore* 94

*Ricompare il motore a vapore* 96

### CAPITOLO QUARTO

*Dal cannone al motore a scoppio* 99

#### MOTORE A SCOPPIO

*La macchina a combustione interna* 103

*L'aereo decolla e con lui il motore a combustione interna* 109

*La rapida evoluzione dell'aereo* 113

*Nuovi motori* 115

*Il motore radiale* 122

*Cronologia dei motori rotativi* 128

*Il motore in linea e a V* 136

*L'aviazione civile* 139

*L'evoluzione dei motori a stella ed a V* 141

*La Coppa "Schneider"* 143

*Il Macchi MC 72* 145

*Il diesel per aviazione* 150

### CAPITOLO QUINTO

*La propulsione a getto* 153

#### MOTORI A GETTO

*I razzi* 154

*La polvere pirica come propellente* 156

*Il razzo a più stadi* 159

*L'esordio del motore a reazione* 162

*Il Caproni-Campini* 163



<i>Il Messerschmitt Me 262</i>	167
<i>La bomba volante</i>	168
<i>Il turboelica</i>	171

## CAPITOLO SESTO

<i>L'ala rotante</i>	175
<i>L'autogiro</i>	179
<i>Focke-Achgelis Fa 330</i>	182
<i>L'elicottero italiano</i>	185
<i>I droni</i>	189

## EPILOGO

### SULLA LUNA

<i>Dai razzi ai missili</i>	195
<i>Il motore nucleare</i>	197

BIBLIOGRAFIA	203
--------------	-----

NOTA BIOGRAFICA	205
-----------------	-----



